

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИИ ТОЧЕНИЯ РЕЗЦАМИ ИЗ КАРБИДОСТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВС

Пантыкин Д.В. – аспирант, Ломакин А.В. – магистрант,
Гончаров В.Д. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В период интенсивного развития научно-технического прогресса, совершенствуется не только техника, но и технологии производства деталей и машин. Согласно волновой теории Кондратьева, о технологических укладах развития человеческой цивилизации наиболее развитые промышленные страны мира, в том числе и Россия, находятся в настоящее время во второй половине пятого и начале шестого технологического уклада [1].

В современных условиях промышленного производства к металлорежущему лезвийному инструменту предъявляются не только высокие требования по их качеству, но и по снижению стоимости. Создание более дешёвых инструментальных сталей, чем быстрорежущие стали марок P18, P6M5 и других, но не уступающим им по режущим свойствам является актуальной задачей.

Получить более дешёвые инструментальные стали стало возможно благодаря применению самораспространяющегося температурного синтеза (СВС), открытого академиком Мержановым А.Г [2].

Под руководством профессора АлтГТУ Евтушенко Алексея Трофимовича были созданы новые инструментальные стали [3,4], относящиеся к классу карбидосталей. Эти стали получены прогрессивным, без энергозатратным и не трудоёмким методом СВС и главное из отходов машиностроительной промышленности (окалина легированных сталей кузнечно-штамповочного производства).

Для оптимизации операции точения необходимо найти такие режимы резания и геометрические параметры режущей части резца, при которых скорость резания и износ режущей кромки будут сопоставимы с дорогими быстрорежущими сталями.

Методом СВС были получены три разных сплава с различными химическими и физическими свойствами:

Сплав №1. Химический состав: шихта из порошков (80% Fe₂+20% Al+20% сормайта).

После процесса СВС химический состав: 0,9% -С (углерод); 1,3% - Cr (хром); 1,6% - Si (кремний); 0,4% - Ti (титан); остальное Fe (железо).

Твёрдость сплава HRC = 60.

Сплав №2. Химический состав: шихта из порошков (80% Fe₂O₃+20% Al+10% TiC+5% Mo+5% CrB₂).

После процесса СВС химический состав: 1,5% – С (углерод); 1,5% – Мо (молибден); 0,4% – Ti (титан); 0,1% – CrB₂ (диборид хрома); 86,5% - Fe (железо). Твёрдость сплава HRC = 62.

Сплав №3. Химический состав: шихта из порошков (80% Fe₂O₃+20% Al+15% TiC).

После процесса СВС химический состав: 0,6% – С (углерод); 0,4% - Ti (титан); 99% - Fe (железо). Твёрдость сплава HRC = 58.

Сплав №4. Сталь P6M5 ГОСТ 19265-73 (эталон). Твёрдость сплава HRC = 63.

Из этих сплавов изготовлены опытные резцы.

Испытания проводились в несколько этапов.

Первый этап: точение заготовки из стали 40X ГОСТ 4543-71 с режимами резания: диаметр вала – D = 45мм; длина резания – l = 120 мм; подача – s = 0,08 мм/об; n = 140 мин⁻¹, глубина резания t=0,1 мм; скорость резания v=19,8 м/мин, с геометрическими параметрами режущей части резца: передний угол $\phi = 3^\circ$, задний угол $\alpha = 8^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$, вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 10^\circ$.

Второй этап: Меняется геометрия режущей части: передний угол $\phi = 0^\circ$, задний угол $\alpha = 7^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$, вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 60^\circ$.

Износ реза Δ (мм) измеряется по изменению расстояния от вершины реза до базовой метки на передней поверхности. Измерения проводились после каждых 65 метров пути резания пройденных резцом. С целью ускорения определения экспериментальных исследований точение образцов проводилось в сухую, без применения СОЖ.

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты исследования износа резцов при $v = 19,8$ м/мин.

Путь резания, L, м	65		130		195		260	
Геометрия реза	\square	\square	\square	\square	\square	\square	\square	\square
	$= 3^\circ$,	$= 0^\circ$,	$= 3^\circ$,	$= 0^\circ$,	$= 3^\circ$,	$= 0^\circ$,	$= 3^\circ$,	$= 0^\circ$,
	α	α	α	α	α	α	α	α
	$= 8^\circ$,	$= 7^\circ$,	$= 8^\circ$,	$= 7^\circ$,	$= 8^\circ$,	$= 7^\circ$,	$= 8^\circ$,	$= 7^\circ$,
	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
	$= 90^\circ$,	$= 60^\circ$,	$= 90^\circ$,	$= 60^\circ$,	$= 90^\circ$,	$= 60^\circ$,	$= 90^\circ$,	$= 60^\circ$,
φ_1	φ_1	φ_1	φ_1	φ_1	φ_1	φ_1	φ_1	
$= 10^\circ$.	$= 60^\circ$.	$= 10^\circ$.	$= 60^\circ$.	$= 10^\circ$.	$= 60^\circ$.	$= 10^\circ$.	$= 60^\circ$.	
Износ реза №1, Δ , мм	0,025		0,05		0,08		0,12	
Износ реза №2, Δ , мм	0,01		0,02		0,03		0,05	
Износ реза №3, Δ , мм	0,13		0,15		0,18		0,21	
Износ реза №4, Δ , мм	0		0,005		0,007		0,01	

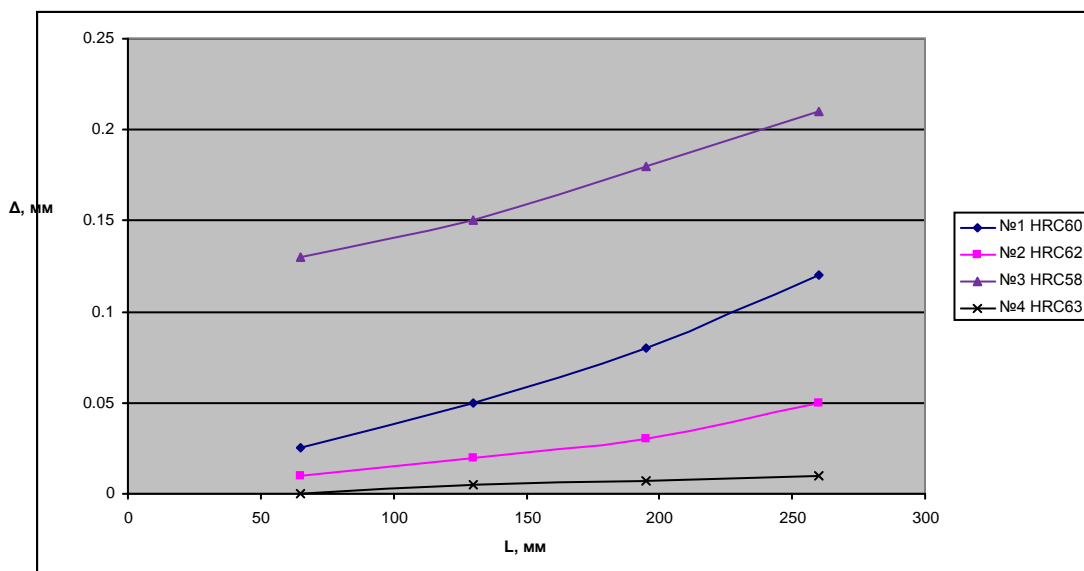


Рисунок 1 – Зависимость величины износа резцов от пути резания, при скорости резания $V = 19,8$ м/мин

Выводы:

1. В результате экспериментальных исследований было установлено, что износостойкость резцов из сплава №2 не на много меньше, чем резцы из стали Р6М5.
2. Шероховатость обработанной поверхности сопоставима после точения испытываемыми сталями и традиционной.
3. Инструментальные стали, полученные методом СВС могут применяться на малоскоростных операциях обработки, например, при нарезании резьбы, развертывании, зенкерования, взамен инструменту из быстрорежущей стали.

Список использованных источников

1. Гончаров В.Д. Пантыкин Д.В. Технологические уклады в истории технического прогресса // Алт. гос. техн. Ун-т им. И.И. Ползунова – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006 г. – 69с.
2. Мержанов А.Г. СВС-технология XXI века // Черноголовка, ИСМАН, 2005, 200с., 44 ил.
3. Евтушенко А.Т., Лебедева О.А., Торбунов С.С. Способ получения легированного сплава железа из отходов производства. Патент RU 2262405 опубл. 20.10.2005. Бюл.29.
4. Евтушенко А.Т., Торбунов С.С., Пазаре С. Способ получения легированной карбидостали. – Патент 2301721 опубл. 27.06.2007. Бюл. №18.

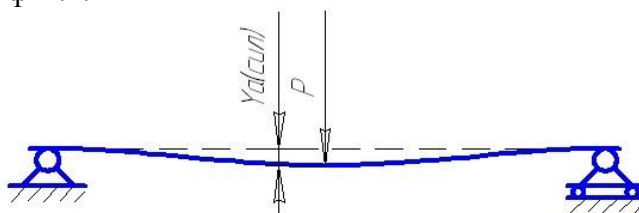
ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ СЛОЖНО-ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ.

Ю.В. Бочаров магистрант, А.В. Балашов к.т.н. доцент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаула)

Снижение материалоемкости корпусных деталей машин приводит к уменьшению их жёсткости. Фрезерование нежёстких корпусных деталей вызывает температурные и силовые деформации влияющие на точность обработки.

Под действием силовых деформаций нежёсткая, обрабатываемая поверхность заготовки деформируется вниз см. фиг.1.



Фиг.1. Прогиб от силовых деформаций

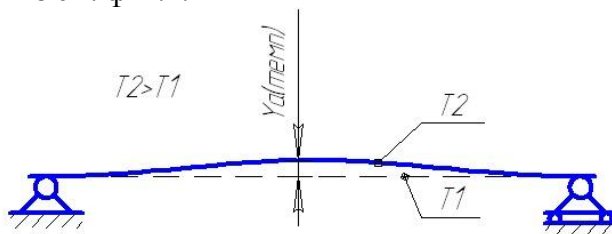
Прогиб поверхности можно определить по зависимости: $Y_a(\text{сил}) = P \cdot L^3 / (6 \cdot E \cdot J_x)$ (1)

где : L – расстояние между опорами.

E – модуль упругости.

J_x – момент инерции.

Под воздействием температурных деформаций нежёсткая, обрабатываемая поверхность заготовки деформируется вниз см. фиг.2.



Фиг.2. Прогиб от температурных деформаций

Прогиб поверхности можно определить по зависимости:

$$Y_{a(\text{тепл})} = k \cdot \alpha t \cdot S \cdot \Delta T \cdot L^3 / (6 \cdot J_x) \quad (2)$$

где: k - коэффициент зависящий, в основном, от конфигурации детали и закона распределения температур.

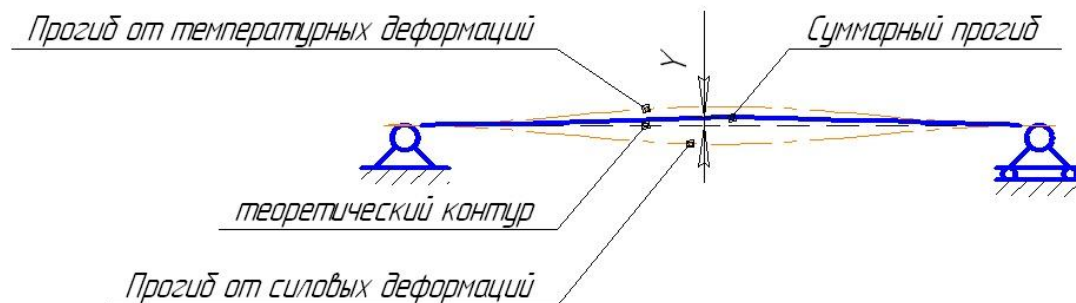
$$k = 1 / (1 - 2 \cdot \mu) \quad (3)$$

μ - коэффициент Пуассона,

αt - коэффициент линейного расширения материала.

ΔT - разность температур ($T_2 - T_1$).

Общий прогиб детали см. фиг. 3.



Фиг. 3. Дополнительный припуск от суммарного воздействия напряжений

$$\text{Общий прогиб после одного прохода можно подсчитать: } Y = |Y(\text{темп})| - |Y(\text{сил})| \quad (4)$$

Для обеспечения высоких показателей точности обработки необходимо стремиться к минимальной деформации детали. Исходя из этого условия можно определить оптимальные режимы резания по критерию наименьшего прогиба детали.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТВЁРДОГО ТОЧЕНИЯ.

Ламов П.В. – асс., Гончаров В.Д. – к.т.н., профессор,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Традиционным методом обработки твёрдых закалённых поверхностей с твердостью выше 47 HRC до конечной геометрической формы был и до сих пор остается метод шлифования. Однако технический прогресс в развитии инструментальных материалов и увеличению жесткости и виброустойчивости станков, обеспечивает возможность заменить шлифование лезвийной обработкой – твердой обработкой. На сегодняшний день можно выделить несколько направлений твердой обработки: твердое точение, твердое фрезерование, твердое сверление и протягивание. Наибольшее распространение получило твердое точение, заменяющее шлифование при обработке тел вращения.

Целью замены шлифования твердым точением является улучшение экономичности процесса. Сегодня точение закаленных сталей все более широко внедряется на заводах и составляет серьезную конкуренцию шлифованию.

Твердое точение – процесс чистовой токарной обработки материалов с твердостью выше 47 HRC. Функциональный принцип твердого точения заключается в нагреве обрабатываемого материала в зоне контакта с режущей кромкой.

Оценить эффективность применения твердого точения вместо шлифования можно, сравнив уровень необходимых затрат. Инструмент для твердого точения из режущей керамики или сверхтвердых материалов может стоить приблизительно в 2-3 раза дороже, чем шлифовальный инструмент для производства той же детали. Но затраты на инструмент являются лишь частью всех затрат на обработку. Стоимость токарного станка, даже адаптированного под процесс твердого точения, практически всегда ниже стоимости

шлифовального станка. Твердое точение позволяет в несколько раз снизить время обработки за счет снижения основного и вспомогательного времени.

Рассмотрим основные составляющие технологического процесса, характерные для технологии твёрдого точения.

Оборудование. Важным технологическим моментом, определяющим возможность применения твердого точения, является станок соответствующей точности. Нужно принимать во внимание, что при высокоскоростном точении внутренних поверхностей инструментом с отрицательным передним углом отделение обрабатываемого материала сопровождается высокой усадкой стружки, что связано с большой интенсивностью обработки, повышенными силами резания и более высокой температурой (при режимах резания, аналогичных точению наружных поверхностей). Твердость закаленной стали соответствует стеклу, поэтому высокие нагрузки на режущий инструмент и обрабатываемую деталь могут приводить к нестабильности всей системы СПИД (станок–приспособление–инструмент–деталь), что требует применения оборудования повышенной жесткости.

Из отечественного оборудования требуемые технические характеристики имеют станок МК6801Ф3 / ОАО «Красный пролетарий», станок 160НТ / ОАО «Стерлитамак-М.Т.Е.». Среди импортных станков применяемых для твёрдого точения можно назвать Hardinge / Hardinge Inc., Monforts / Monforts GmbH & Co. KG., Hembrug / Hembrug BV.

Технологическая оснастка. Крепление заготовки осуществляется традиционным образом, в соответствии с функциональными характеристиками станка. Более подробно следует рассмотреть инструментальную оснастку. Для твердого точения применяются резцы сборной конструкции наряду с резцами с напаянными твердосплавными пластинами. Тип конструкции определяется главным образом инструментальным материалом.

Из всего многообразия современных инструментальных материалов данным требованиям удовлетворяют только материалы на основе кубического нитрида бора (КНБ) и режущая керамика. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Керамика существенно дешевле, но плохо воспринимает ударные нагрузки. Кубический нитрид бора менее восприимчив к ударным нагрузкам, но обладает более высокой стоимостью. Использование пластин на основе КНБ при точении заготовки с твердостью меньше 40–42 HRC приведет к разрушению пластины, поэтому использование КНБ ограничено на заготовках с переменной твердостью.

Заготовки, обрабатываемые методом твёрдого точения. По данным производителей инструмента из PCBN, его режущая способность будет достаточной, если твердость материала заготовки составляет 50–65 HRC. Соответственно, этот интервал должен приниматься как условие применимости процесса твердого точения.

Кроме того, необходимо определить минимальный и максимальный припуск на обработку. Согласно нормативам ряда производителей инструмента, максимальный припуск на обработку составляет 0,5 мм. Таким образом, шестерни среднего размера, используемые в коробках передач, могут обрабатываться за один проход инструмента, так как максимальный припуск для них составляет 0,3 мм. Впрочем, в зависимости от требований к обработке, иногда существует необходимость и дополнительного чистового прохода.

Минимальный припуск на обработку определяется минимальной глубиной резания, которая может быть обеспечена инструментом из PCBN. Ее значение составляет 0,02 мм для наиболее распространенного инструмента обычной точности. При меньших значениях инструмент уже не внедряется в обрабатываемый материал, а пластически его деформирует.

Выводы.

Функциональный принцип твердого точения заключается в нагреве обрабатываемого материала в зоне контакта с режущей кромкой. Специфика составляющих элементов технологического процесса связана с обеспечением поддержания условий протекания указанного физического явления. Решение этой сложной задачи требует анализа всех стадий подготовки технологического процесса, значительно сокращающего финансовые и временные затраты на продукцию.

Список использованных источников

1. Материалы сайта <http://www.daks-chelny.ru/tools/metal-cutting-tool/hardened-steel/>
2. Материалы сайта <http://www.info-ua.com/equipment/metall/article/1045/>
3. «Анализ технических и физических характеристик твердого точения» Ламов П.В. – ассистент, Гончаров В.Д. - к.т.н. профессор "НАУКА И МОЛОДЕЖЬ" VI-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Барнаул, АлтГТУ, апрель, 2009г.) сайт: http://edu.secna.ru/publish/gorizonty_obrazovania/2009/n11/nim2009/nim2009.htm
4. Материалы сайта http://www.technopolice.ru/images/technopolice/TechInfo/Article_TП1.htm

АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ, ОБРАБОТАННЫХ ПРЕРЫВИСТЫМИ КРУГАМИ

Дианов А. А. - аспирант, Татаркин Е. Ю. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

Процесс изготовления деталей с износостойкими покрытиями включает в себя такие этапы как: подготовку покрываемой поверхности детали, нанесение покрытия, его механическую обработку, и контроль качества полученной детали. Для достижения высокой работоспособности напыленных слоев износостойкого покрытия, кроме получения повышенных физико-механических свойств, необходимо создание требуемых параметров отклонения формы, волнистости и шероховатости, что обеспечивается окончательной механической обработкой.

В качестве окончательной механической обработки износостойких покрытий целесообразно применять шлифование прерывистыми кругами [5]. Такие круги снижают теплонпряжённость процесса шлифования, что уменьшает вероятность изменения структуры поверхностного слоя обрабатываемого покрытия, а именно уменьшения или увеличения твёрдости отдельных шлифуемых участков. Локальные изменения твёрдости обрабатываемой поверхности, получившие название шлифовальных прижёгов, являются одним из параметров качества обработанной поверхности и могут определяться как визуально, так и с помощью устройств измеряющих твёрдость. Другим параметром качества шлифованной поверхности следует считать высоту её микронеровностей, которую можно выявить из профилограммы полученной при помощи профилометров-профилографов при измерении обработанной поверхности.

Профиль шлифованной поверхности не является идеально гладким, в нём присутствуют отклонения различной формы и размеров, рисунок 1.

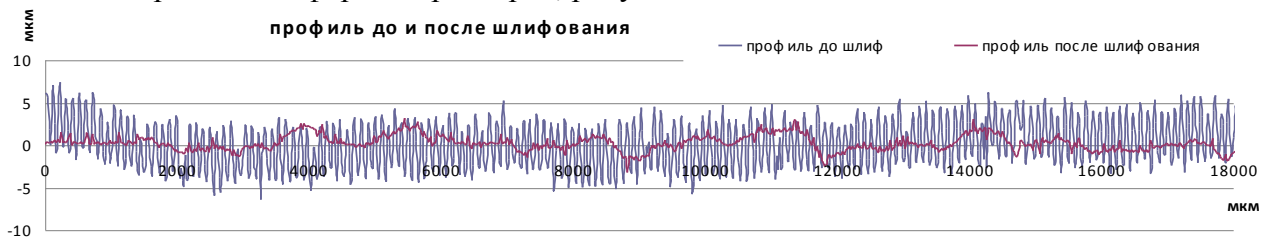


Рисунок 1. Профиль шлифованной и не шлифованной поверхности

Неровности профиля у которых отношение шага к высоте меньше 40 принято называть шероховатостью, другие же неровности с отношением шага к высоте от 40 до 1000 называют волнистостью [3]. Хотя это деление в известной степени условное, различать эти два вида отклонений профиля обработанной поверхности необходимо по той причине, что на каждый из них влияют определённые параметры процесса механической обработки. Так, по данным [2] на шероховатость шлифованной поверхности значительное влияние оказывает размер, форма и расположение зёрен шлифовального круга, в то время как на волнистость той же

поверхности в большей степени влияет траектория перемещения по ней образующей шлифовального круга [3]. Из результатов математического моделирования процесса шлифования прерывистыми кругами видно, что обработанная поверхность детали имеет свои особенности [1]. Так, на волнистость поверхности оказывает влияние не только траектория перемещения прерывистого шлифовального круга, но размер и форма впадин на его рабочей поверхности.

Теоретические выводы о процессе волнообразования на поверхности, шлифуемой прерывистыми кругами, следует проверить экспериментально. Профилограмма шлифованной поверхности снимается на профилометре-профилографе, а затем анализируется с целью выявления различных видов погрешностей. Для анализа профилограммы возможно использовать преобразование Фурье [4]. Однако его недостатком является не высокая точность представления локальных особенностей сигналов (скачков). Преобразование Фурье обеспечивает хорошее представление распределения энергии сигнала по частотным составляющим, но не даёт сведений о локальных координатах, на которых себя проявляют те или иные группы частотных составляющих, или на которых происходят быстрые изменения частотных составляющих сигнала. Авторы доклада предлагают использовать в качестве инструмента для анализа снятой со шлифованной детали профилограммы вейвлет анализ, который представляет собой особый тип линейного преобразования сигналов и отображаемых этими сигналами физических данных о процессах и физических свойствах природных сред и объектов. Базис собственных функций, по которому проводится разложение сигналов, обладает многими специальными свойствами и возможностями. Они позволяют сконцентрировать внимание на тех или иных особенностях анализируемых процессов, которые не могут быть выявлены с помощью традиционных преобразований Фурье и Лапласа. В отличие от преобразований Фурье, вейвлет-преобразование одномерных сигналов обеспечивает двумерную развертку, при этом частота и координата рассматриваются как независимые переменные, что дает возможность анализа сигналов сразу в двух пространствах. Теория вейвлетов не является фундаментальной физической теорией, но она дает удобный инструмент для решения многих практических задач

Для вейвлетного анализа отклонений профиля обработанной поверхности детали, представленного в виде сигнала удобно воспользоваться пакетом расширения MatLab – Wavelet Toolbox, который не только наглядно представляет двумерную развёртку, анализируемого сигнала по частоте и времени, но и обладает рядом дополнительных функций, например очистка от шума, позволяющим в диалоговом режиме выявлять требуемые составляющие сигнала. На рисунке 2 представлен профиль шлифованной поверхности и волнистость этой поверхности, полученная при помощи вейвлет-разложения.



Рисунок 2. Профиль и волнистость анализируемой поверхности

Исходный сигнал разлагается на несколько с колебаниями определённой частоты и шага, и основная трудность здесь состоит в определении количества отбрасываемых уровней разложения исходного профиля. Так для выявления волнистости обработанной поверхности следует разлагать её профиль на N сигналов так чтобы отношение шага каждого из колебаний этих сигналов к их высоте было меньше 40, а у $N+1$ сигнала это отношение стало больше 40. Выявление волнистости из исходного профиля является, по сути, очисткой его от шума происходит в диалоговом режиме в программе MatLab и не требует навыков программирования, что упрощает и ускоряет процесс анализа обработанной поверхности.

Список использованных источников

1. Дианов, А.А., Татаркин, Е.Ю., Терентьев, В.А.. Образование волнистости при плоском прерывистом шлифовании периферией круга // Ползуновский вестник № 1 – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 4с.
2. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С. Н. Корчак – М. : Машиностроение, 1974. – 280 с.
3. Прилуцкий, В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей / В.А. Прилуцкий – М.: Машиностроение, 1978. – 136 с.
4. Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойкими покрытиями / С.П. Кулагин, С.Л. Леонов, Е.Ю. Татаркин – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1993. – 209 с.
5. Терентьев, В.А., Татаркин, Е.Ю., Фёдоров В.А., Дианов А.А.. Патент на полезную модель. 88600 РФ, МПК В 24 D 5/10, опубл. 2009. Прерывистый шлифовальный круг.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ОСНОВЫ ПЕРЕД НАПЫЛЕНИЕМ

Простева Д.В. – магистрант, Федоров В.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время особый интерес проявляется к различным способам напыления покрытий на детали машин для придания их поверхностям заданных свойств. В области изучения строения переходной зоны между основным материалом и покрытием остаётся много неясного. Покрытие и основной материал практически всегда являются разнородными по составу и свойствам. Известно, что соединение напыленного покрытия с основой осуществляется преимущественно за счёт механического сцепления напыляемых частиц с выступами и впадинами на поверхности основы, образованными предварительной обработкой. Кроме механического сцепления, прочность соединения с основным материалом обеспечивается за счёт ряда других процессов, включая диффузию компонентов покрытия в основной материал, сплавление и химическое взаимодействие. Повышение прочности сцепления покрытия достигается за счёт физических связей под действием сил Ван-дер-Ваальса. Однако к настоящему времени разработаны методики нанесения отдельных частиц на полированную поверхность образцов. Но все известные методы анализа кинетики взаимодействия на основании измерения прочности сцепления имеют определённые недостатки.

Как правило, прочное соединение частицы с основой наступает только при подогреве заготовки до определённой температуры, соответствующей заполнению контактной поверхности под частицей очагами схватывания на 40-70%. Такое заполнение свидетельствует о достаточной глубине развития химического взаимодействия частиц с основой, и для их удаления необходимо прикладывать значительное механическое усилие на срез. Для оценки влияния качества обработанной поверхности на прочность соединения с покрытием разработана специальная прецизионная методика. Прочность соединения определяли срезыванием отдельных частиц на специально изготовленном приборе, имеющий следующий состав: поворачивающийся вокруг собственной оси патрон для закрепления образца; образец с напыленными частицами; рычаг с тонкозаточенным концом из твёрдого сплава (микронож); две бинокулярные лупы для наблюдения за установкой ножа и процессом срезывания частиц; стол, допускающий продольное и поперечное перемещение укрепленного на нём рычага; два конусных регулируемых винта, на которых поворачивается рычаг; исследуемая частица; срезывающий нож; чашка для груза; стопор рычага. [1]

В ходе эксперимента были определены: максимальное усилие P , при котором частица отделилась от основы; напряжение Q ; диаметр пятна химического взаимодействия измеряли на микроскопе МИМ-6. [1]

Выяснилось, что прочность сцепления растёт по мере того, как увеличивается число очагов схватывания, то есть возникают связи между всё большим количеством атомов в

контакте частицы с основой. Этот процесс приводит к изменению характера отделения частиц при срезывании. Следовательно, эта методика не даёт точной количественной оценки прочности сцепления частиц на отрыв или срез, поскольку в процессе нагружения материалы в плоскости разрушения находятся в сложнапряжённом состоянии. Считается, что реакцию можно считать завершённой, когда металлическая связь установится на всей площади взаимодействия фаз и прочность сцепления перестанет изменяться. [1]

Таким образом, выбор оптимальной температуры подогрева перед напылением в дальнейшем может значительно влиять на прочность соединения покрытия с основой. Выявление напряжённого состояния покрытия и основы в области соединения направлено на совершенствование технологических процессов напыления с целью управления напряжённым состоянием покрытия и снижением вероятности его отслаивания.

Список использованных источников

1. Плазменные покрытия. Кудинов В.В. М., «Наука», 1977, 184 с

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ-ОСНОВЫ ПЕРЕД НАПЫЛЕНИЕМ

Простева Д.В. – магистрант, Федоров В.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Прочность сцепления напылённого покрытия с основой является одним из основных критериев, который позволяет определять область применения и эксплуатационные характеристики покрытия, что значительно влияет на качество выпускаемой продукции. Изучение структуры напылённых покрытий показывает, что между напылёнными частицами, а также между основой и покрытием должна возникать связь, которая действует в результате сил механического зацепления, слабых невалентных сил взаимодействия, такие как силы Ван-дер-Ваальса, химических сил связи.

Использование технологий нанесения теплозащитных, износостойких, коррозионностойких, химически стойких, электроизоляционных, и других видов защитных покрытий на детали и узлы машин позволяет сократить себестоимость изделий и дает возможность повысить качество, надёжность машин, сроки эксплуатации оборудования. В зависимости от рабочих условий на деталь напыляют защитные покрытия разной толщины. При этом основным критерием становится стоимость объема наносимого слоя покрытия, в том числе и расположенного в рисках шероховатости основы. Например, при толщине покрытия $h = 0,4$ мм и шероховатости основы $Rz = 0,4$ мкм (рисунок 1) около трети объема материала покрытия идет на заполнение микрорельефа поверхности основы.

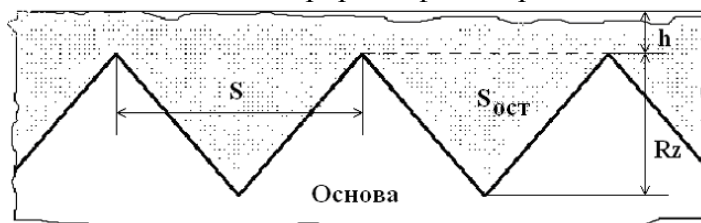


Рисунок 1. Соотношение объемов покрытия

С одной стороны, для обеспечения сцепления покрытия с основой необходимо обеспечить достаточно развитый микрорельеф ее поверхности. С другой стороны, высокая удельная стоимость материала некоторых покрытий существенно ограничивает его толщину.

Геометрические параметры режущего инструмента также существенно влияют на прочность сцепления детали-основы и покрытия. Получено аналитическое выражение нахождения длины полного профиля риски при точении.

$$L = \pi \times r \times \varphi_1 / 180 + ((r \times (2 - (\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1)) + S * \operatorname{tg}\varphi) / (\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1) - r * \operatorname{Sin}\varphi_1) / \operatorname{Cos}\varphi_1 + (S - r * \operatorname{Sin}\varphi - (r * (2 - (\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1)) + S * \operatorname{tg}\varphi) / (\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1)) / \operatorname{Cos}\varphi + \pi * r * \varphi / 180 \quad (1)$$

Принято допущение, что контакт покрытия и профиля поверхности полный с равномерно распределённой прочностью. В зависимости от параметров режущего инструмента имеется несколько вариантов формы получаемой риски:

1) полный профиль риски при точении (рисунок 2);

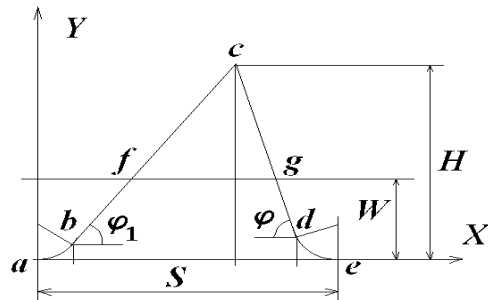


Рисунок 2. Полный профиль риски при точении

2) профиль риски в виде двух радиусных участков (рисунок 3);

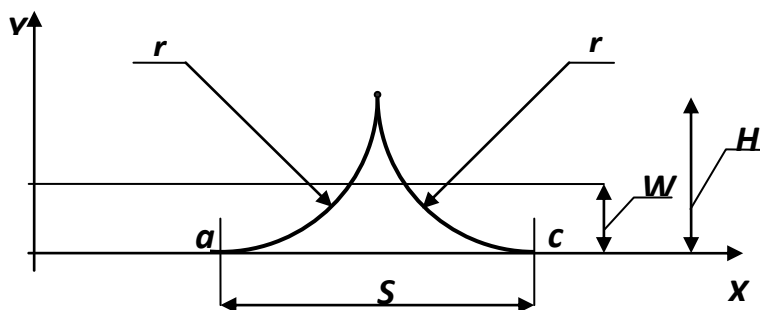
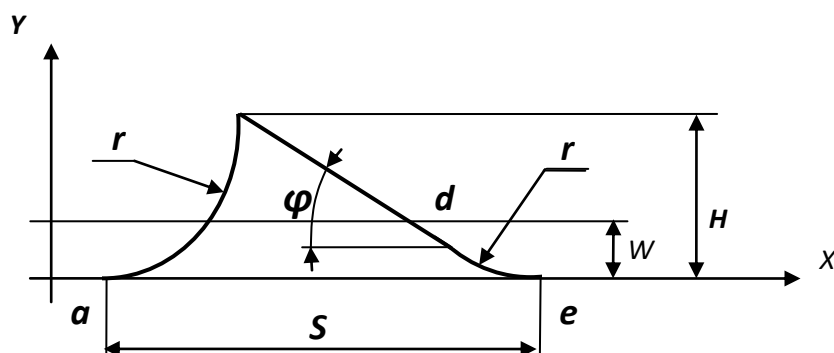


Рисунок 3. Профиль риски в виде двух радиусных участков

3) неполный профиль риски двух видов в виде двух радиусных участков и одного линейного участка (рисунок 4).



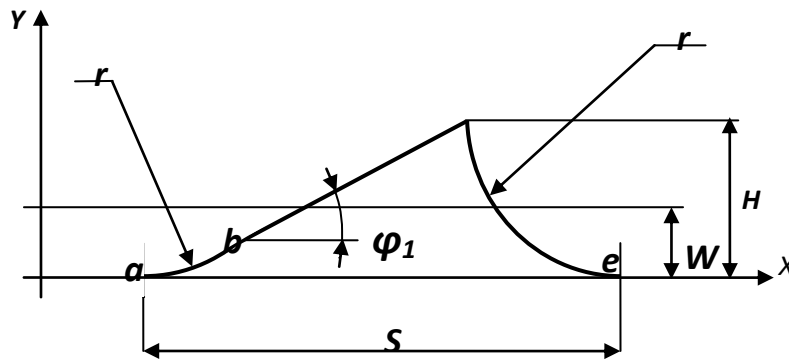


Рисунок 4. Неполный профиль риски двух видов в виде двух радиусных участков и одного линейного участка

Таким образом, для повышения эффективности операций подготовки основы необходимо:

- для снижения расхода материала покрытия - минимизировать его объем, размещаемый в микрорельефе поверхности основы;
- для предотвращения отслаивания покрытия и обеспечения заданного ресурса ее работы - обеспечить развитый микрорельеф поверхности основы - максимум площади контакта покрытия с основой;
- для увеличения прочности сцепления покрытия с основой необходимо выдерживать заданную толщину покрытия по максимуму и минимуму и ограничить максимальную величину шероховатости основы;
- для повышения стабильности размера детали необходимо стабилизировать геометрические параметры поверхностного слоя.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ И ВОЛНИСТОСТИ ПРИ ПЛОСКОМ ПРЕРЫВИСТОМ ШЛИФОВАНИИ

Сараев Е.С.- студент, Татаркин Е.Ю. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Плоское шлифование в настоящее время является наиболее надежным методом точной обработки плоскостей. В процессе шлифования обработка происходит за счет “царапанья” поверхности детали мелкими абразивными зёрнами, движущимися с большой скоростью. В результате наложения большого количества мелких царапин, возможно получить заданный микрорельеф поверхности. Однако при таком виде обработки происходит несколько неблагоприятных процессов: износ шлифовального круга либо засорение поверхности круга продуктами обработки (микростружкой). Данные процессы сильно влияют на производительность и качество обработки. Чтобы их избежать, необходимо постоянно производить правку круга и поднастройку станка на выдерживаемый размер. Эти действия значительно снижают производительность обработки и увеличивают её стоимость за счет увеличения основного времени обработки и возрастающего износа (расхода) инструментального материала.

Для увеличения срока службы, а также для восстановления изношенных деталей широко используют износостойкие покрытия. В структуре таких покрытий содержатся никель, хром, бор, молибден, кремний и др. Имеются очень твёрдые соединения (бориды, нитриды, карбиды), что затрудняет шлифование покрытий традиционными абразивными инструментами.

При обработке резанием износостойких покрытий формирование обработанной поверхности сопряжено с процессом интенсивного силового нагружения плотного и твердого поверхностного слоя материала при контактном взаимодействии инструмента с заготовкой. Обработка резанием изменяет сложившееся при нанесении покрытия равновесное состояние внутренних остаточных напряжений, что может существенно сказаться на склонности материала поверхностного слоя к возникновению различного рода дефектов.

Для обработки износостойких покрытий перспективным направлением в абразивной обработке следует рассматривать прерывистое шлифование, идея создания которого состоит в периодическом прерывании, за счёт конструкции круга, контакта с заготовкой. При прерывистом шлифовании также исключается тепловое насыщение поверхностных слоёв обрабатываемого материала.

Такой подход к управлению теплонпряжённостью процесса позволяет повысить качество обработки при одновременном увеличении производительности шлифования.

Высокие технико-экономические показатели прерывистого шлифования обусловлены правильным выбором соотношения длин впадины и рабочего выступа круга.

Характерной особенностью прерывистого шлифования является то, что по мере износа круга происходит самооформление его профиля. На рабочих выступах образуются фронтальные поверхности, расположенные под некоторым углом атаки к плоскости резания. Схема съёма припуска в таких условиях отлична от схемы обычного шлифования.

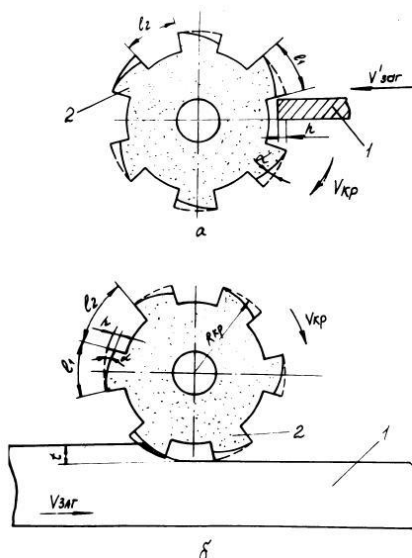


Рис. 1 Расчётные схемы процесса прерывистого шлифования:

1 – обрабатываемая заготовка (образец); 2 – шлифовальный прерывистый круг.

Задачами исследования являются:

1. Провести анализ и классификацию износостойких покрытий.
2. Провести анализ и классификацию по признакам прерывистых кругов.
3. Провести морфологический анализ и синтез конструктивно-геометрических и функциональных параметров прерывистых кругов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДАЧИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Командина А. А. – магистрант гр. МТАП-92, Бабушкина Г.В. – ТАП-61, Дудкевич А.Г. – к.т.н., доцент, Черданцев А. О. – аспирант, Некрасов В. Н. – к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В условиях современного развития техники, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов и совершенствования методов подготовки и управления производством становятся одними из главных задач в машиностроении.

Поэтому в задаче проектирования операций торцевого фрезерования с использованием алгоритмов оптимизации на основе имитационного моделирования актуальным направлением является разработка моделей, адекватно отражающих процесс достижения необходимого уровня шероховатости и позволяющих управлять им. Как следствие становится актуальным вопрос о прогнозировании топографии поверхности, дающей более полную информацию о состоянии обработанной поверхности.

Предлагаемый процесс моделирования [1] представляет собой реализацию модели формирования топографии обработанной поверхности при торцевом фрезеровании с заданными исходными данными. В результате моделирования получается детерминированная составляющая микрорельефа, суммирование ее со случайной составляющей дает топографию обработанной поверхности.

На основе рассчитанной топографии поверхности можно рассчитать любой параметр шероховатости, как установленный государственным стандартом, так и принятый на предприятии.

Расчетная часть программы, реализующая расчет топографии, оформлена в виде одной процедуры. Эта процедура на входе получает подготовленные должным образом исходные данные, а на выходе образуется динамический массив, содержащий рассчитанную топографию. Работа с программой осуществляется при помощи экранной формы содержащей несколько разделов.

Начинается работа с ввода исходных данных.

В разделе «Геометрия фрезы» можно выбрать способ задания профиля зуба. Здесь можно указать «параметрами R , φ , φ_1 », при этом следует учитывать, что данный способ задания формы зуба можно использовать только при совпадении передней поверхности и осевой плоскости. При выборе этого способа задания геометрии фрезы становятся активными поля экранной формы для ввода параметров:

- радиуса при вершине зуба фрезы R , (мм);
- главный угол в плане φ , (°);
- вспомогательный угол в плане φ_1 , (°).

В эти поля следует ввести соответствующие данные.

В разделе «Конструкция фрезы» следует указать диаметр фрезы (D) и количество зубьев (Z). Здесь следует учитывать, что под диаметром фрезы понимается удвоенное расстояние от оси вращения до самой нижней точки зуба.

В разделе «Режимы резания» следует указать частоту вращения фрезы (n), минутную подачу (S) и глубину резания (t).

В качестве дополнительного технологического параметра обработки вводится «угол наклона фрезы» (Δ).

При заполнении данных из раздела «исследуемый участок» следует указать координаты базовой точки, размеры контролируемого участка и точность выполняемого расчета. Изменяя координаты базовой точки можно задавать нужное положение контролируемого участка. Точность следует задавать в зависимости от выбранных размеров контролируемого участка. Не следует одновременно задавать высокую точность расчета и большие размеры контролируемого участка.

Для выполнения расчета необходимо нажать кнопку «Расчет».

Время выполнения расчета зависит как от размеров контролируемого участка, так и от требуемой точности расчета. Для отображения степени завершенности процесса расчета топографии, приведена бегущая полоса, с отображенным на ней, количеством процентов выполненной работы.

После того как завершен процесс расчета, содержимое экрана меняется на новую экранную форму. Эта форма отображает результаты моделирования в виде трехмерного рисунка и численных значений параметров шероховатости.

В данной работе расчет шероховатости велся при следующий исходных данных:

- $Z=1$;
- $D=30$ мм;
- $R=0,3$ мм;
- $\varphi=45^\circ$;
- $\varphi_1=45^\circ$;
- $n=1000$ об/мин;
- $t=5$ мм;
- $S=204\dots 214$ мм/мин с шагом 1.

На основе расчетов был построен график, представленный на рисунке 1.

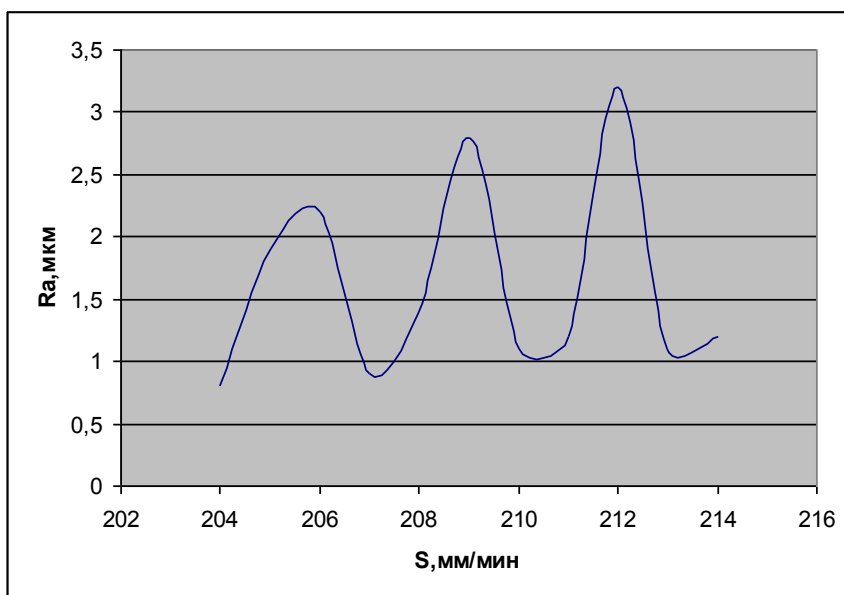


Рисунок 1 – Зависимость шероховатости от подачи при торцевом фрезеровании.

Как видно из рисунка 1 шероховатость обработанной поверхности может сильно изменяться при незначительном изменении подачи. Это происходит в следствии срезания выступов материала при обратном ходе зубьев фрезы, сформировавшихся в результате прямого хода зубьев фрезы.(Рис.2)

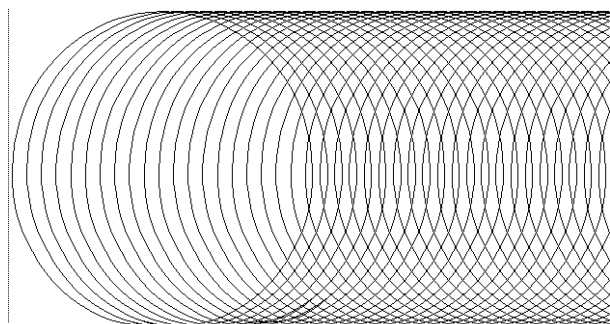


Рисунок 2 – Схема траектории движения зубьев фрезы при торцевом фрезеровании.

Используя этот эффект можно уже на этапе чернового фрезерования получить шероховатость достаточную, чтобы исключить получистовую обработку, что может дать экономию на машинном времени и инструменте.

Список использованных источников

1. Леонов, С. Л. Математическое моделирование формирования микронеровностей при торцевом фрезеровании / С. Л. Леонов, В. Н. Некрасов, А. О. Черданцев // Наука и молодежь: материалы 3-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С. 9 – 11.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Чубукин Д.А. – студент, Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одна из важнейших задач совершенствования технологических процессов в машиностроении – повышение производительности обработки. Существенным препятствием в повышении производительности обработки резанием является низкая теплостойкость инструментальных материалов.

Для решения этой проблемы широко используются охлаждающие свойства технологических сред – смазочно-охлаждающих жидкостей и газов. Однако, при этом существуют следующие недостатки: 1. для использования технологических сред необходимы дорогостоящие системы подачи, очистки, утилизации и другие; 2. современные конструкционные материалы (титановые сплавы, пластики, стеклопластики и др.) не позволяют использовать уже известные способы охлаждения по технологическим причинам и причинам безопасности выполнения обработки резанием.

Повышение прочности и вязкости современных конструкционных материалов, а также интенсификация режимов обработки приводят к тому, что теплота, выделяемая в процессе резания становится одним из факторов, который ограничивает производительность процесса, оказывает существенное влияние на качество и точность изделия, определяет оптимальные значения скорости резания, а следовательно стойкости инструмента. Из-за низкой теплопроводности современных конструкционных материалов в инструмент поступает большое количество теплоты (для титанового сплава до 30% общего количества теплоты).

Для решения задачи снижения температуры в зоне резания предлагается использовать эффект Пельтье. Сущность метода состоит в том, что при протекании постоянного тока через два соприкасающихся полупроводника (термоэлектрические пластины р-п-р перехода) от одного к другому, пластина нагревается с одной стороны и охлаждается с другой, причём перепад температур на обеих сторонах пластины одинаков.

За это свойство термоэлектрические пластины Пельтье называют термонасосом. Он перекачивает выделяемое тепло от одной обкладки к другой - от инструмента к радиатору. Получается, что термоэлектрический насос имеет холодную сторону, где тепло поглощается, и горячую, где выделяется. Важной особенностью, открывающей широкие перспективы применения полупроводников, является получение с их помощью холода более экономичными путями. Достоинством термоэлектрических пластин Пельтье является небольшие размеры, отсутствие каких-либо движущихся частей, а также газов и жидкостей.

Существующие стандартные размеры термоэлектрических пластин (2x4; 6x4; 6x8; 8x10; 12x12; 20x20; 30x30; 40x40; 48x48; 55x55) позволяют использовать их для охлаждения режущего инструмента.

Для получения максимального охлаждения можно использовать многокаскадные термоэлектрические модули Пельтье. Многокаскадные модули обеспечивают снижение температуры режущего инструмента от 100 до 150 °С.

В настоящее время термоэлектрические модули обладают исключительно высокой холодопроизводительностью: $Q_{max}=130$ Вт. Применение эффекта Пельтье в промышленности является весьма полезным и перспективным. Исследования эффекта Пельтье успешно продолжаются. Возможно получение и более высоких характеристик холодопроизводительности и рабочих температур.

Данные характеристики термоэлектрических модулей Пельтье уже в настоящее время могут быть использованы в различных конструкциях режущих инструментов (рис.1) при обработке современных конструкционных материалов. Так снижение температуры в зоне резания на 100 °С позволит увеличить скорость резания при обработке стали 30ХГСА на 30%...35%.

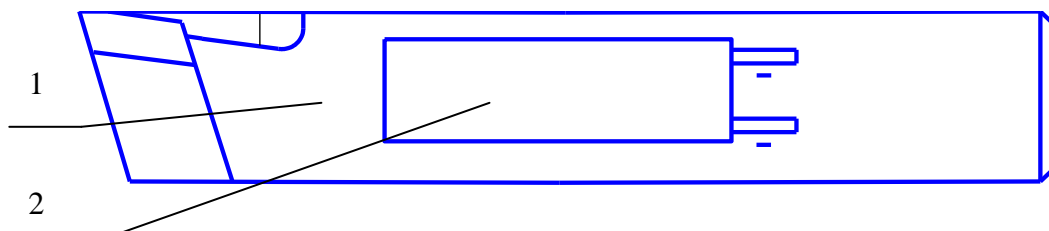


Рисунок 1 – Токарный резец с термоэлектрической пластиной Пельтье.

1- резец токарный,

2- пластина Пельтье.

ДИНАМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПОДШИПНИКОВ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ВРАЩАЮЩЕГОСЯ НЕ ВОКРУГ ОСИ СИММЕТРИИ

Баранов М.А., д.ф.-м.н., проф., Мухопад К.А., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Большинство применяемых в технике вращающихся деталей имеют осесимметричную форму или близкую к ней – колеса, шестерни, маховики, роторы, крыльчатки турбин и др. Технологии их изготовления (токарные или карусельные станки, точная штамповка) вполне отработана и обеспечивают необходимую точность. Отклонение же от допусков наиболее вероятно при сборке механизма вне завода, например, при строительстве или ремонте. Одним из таких нарушений является несовпадение оси симметрии вращающейся детали с осью вращения. При больших угловых скоростях это приводит к возникновению знакопеременных динамических реакций подшипников с частотой пропорциональной угловой скорости вращения детали и амплитудой пропорциональной квадрату угловой скорости. Всё большее применение в технике быстро вращающихся деталей (роторы электродвигателей, паровые и газовые турбины) придаёт возрастающую актуальность вопросу минимизации динамических реакций подшипников. Ввиду чрезвычайной важности данный вопрос находит отражение не только во многих изданиях научной, учебной и методической литературы [1-3], но и в государственных учебных программах по теоретической механике. Между тем, рассмотрение вопроса о динамических реакциях подшипников ограничивается доказательством теоремы о том, что ось вращения твердого тела должна быть главной осью инерции и рассмотрением примера о вращении однородного цилиндра. Последующее же уравнивание тел следует рассматривать как попытку исправления допущенных ошибок. В настоящей работе предлагается метод поиска форм тел вращения нечувствительных к отклонению оси симметрии от оси вращения.

В настоящей работе ограничимся рассмотрением случая, когда центр масс твердого тела остается на оси вращения. При вращении твердого тела произвольной формы вокруг

закрепленной оси на него действует момент сил инерции \vec{M}^n , обусловленный нормальными и тангенциальными ускорениями каждой из образующих его материальных точек

$$\vec{M}^n = \vec{M}^{nn} + \vec{M}^{nt} \quad (1)$$

Пусть оси X_1, Y_1, Z_1 образуют такую декартову систему координат, жёстко связанную с твердым телом, что ось Z_1 является неподвижной осью вращения. Тогда моменты сил инерции, фигурирующие в (1) примут вид

$$M^{nn} = \Omega^2 \begin{bmatrix} J_{y_1 z_1} & J_{x_1 z_1} & 0 \\ J_{x_1 z_1} & -J_{y_1 z_1} & -J_{z_1} \end{bmatrix}, \quad M^{nt} = \varepsilon \begin{bmatrix} x_{1z_1} \\ -y_{1z_1} \\ -z_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

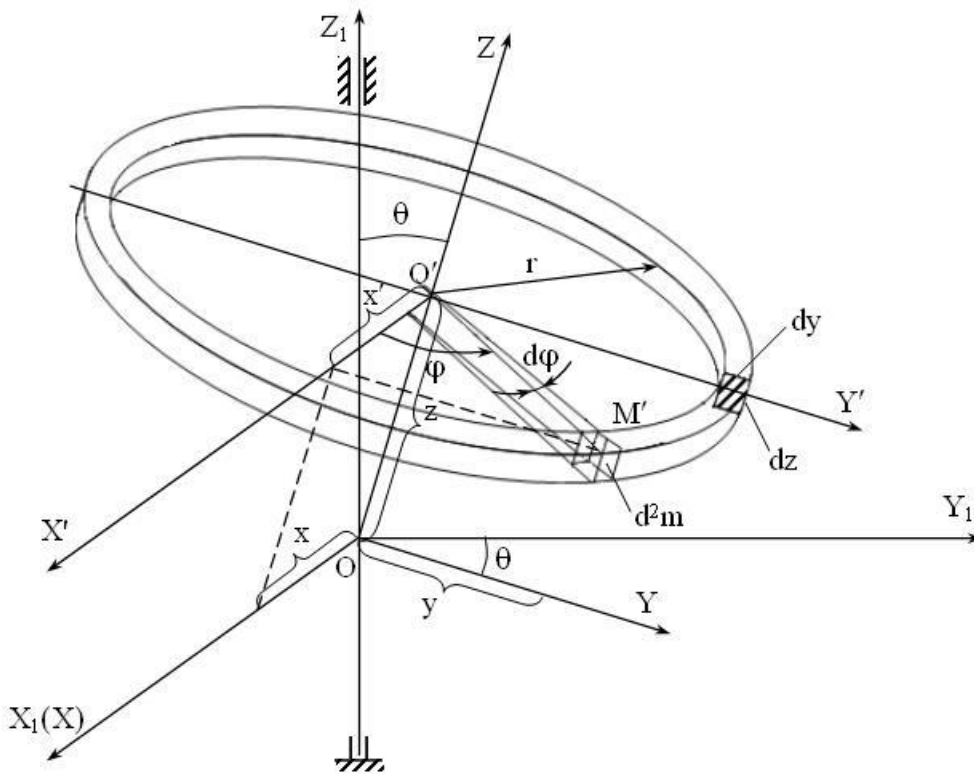
где

$$J_{y_1 z_1} = \int y_1 z_1 dm, \quad J_{x_1 z_1} = \int x_1 z_1 dm, \quad J_{z_1} = \int (x_1^2 + y_1^2) dm \quad (3)$$

– моменты инерции, Ω – угловая скорость, ε – угловое ускорение. Применим эти результаты к описанию вращения тонкого кольца радиуса r и массой dm , жёстко связанного с упомянутой выше системой координат. Пусть ось OZ симметрии кольца проходит через начало координат выбранной ранее системы X_1, Y_1, Z_1 и может быть совмещена с осью OZ_1 путём поворота на угол θ вокруг оси OX_1 (рис. 1). Выделим на кольце дифференциально малый элемент, ограниченный дифференциально малым центральным углом $d\varphi$. Координаты этого элемента равны $x_1 = r \cos \varphi$; $y_1 = z \sin \theta + r \sin \varphi \cos \theta$; $z_1 = z \cos \theta - r \sin \varphi \sin \theta$, а масса

$d^2m = \frac{dm}{2\pi} d\varphi$. Подставив их в выражения для моментов инерции тонкого кольца и выполнив

интегрирование по φ , получим



$$dJ_{x_1 y_1} = 0, \quad dJ_{y_1 z_1} = \sin \theta \cos \theta \left[z^2 - \frac{r^2}{2} \right] dm. \quad (5)$$

Рисунок 1 - Осесимметричное тело представим теперь в виде множества тонких соосных колец. Вследствие аддитивности момент инерции всего тела представится в виде

$$J_{y1z1} = \int dJ_{y1z1} = 2\pi\rho\sin\theta\cos\theta \int \left[z^2 - \frac{r^2}{2} \right] r dr dz, \quad (6)$$

где ρ - плотность материала, $dr = dy$ и dz – размеры сечения кольца. Интегрирование в (6) проводится по сечению тела при $r > 0$. Имея ввиду, что в плоскости сечения $r = y$ и ограничиваясь технически важным случаем равномерного вращения, приходим из (2), (5) и (6) к выводу о том, что отличной от нуля остаётся лишь x -ая составляющая момента сил инерции

$$M_x^{ин} = -\Omega^2 I_{y1z1} = \int dI_{y1z1} = 2\pi\rho\Omega^2 \sin\theta\cos\theta \int_{\text{по_сечению_тела}} \left[\frac{y^2}{2} - z^2 \right] y dy dz \quad (7)$$

Поскольку $ydz = ds$ в (7) представляет собой элементарную площадку в плоскости сечения, то обобщая полученные результаты на случай произвольной системы координат в плоскости сечения (декартовой, полярной и др.), получим

$$M_x^{ин} = 2\pi\rho\sin\theta\cos\theta K_\phi, \quad (8)$$

где
$$K_\phi = \int_{\text{по_сечению_тела}} \left[\frac{y^2}{2} - z^2 \right] y ds$$

- коэффициент, зависящий от формы и размеров тела. Положительные значения интеграла достигаются для приплюснутых тел (диск, тарелка). При этом в случае расхождения осей возникает восстанавливающий момент сил инерции, который стремится совместить ось симметрии с осью вращения. В сечении же вытянутых тел превалирует координата z . Возникающий при этом момент сил инерции является опрокидывающим, т.е. стремящимся расположить оси взаимно перпендикулярно. В любом из этих случаев на подшипники со стороны закрепленных обойм действуют динамические реакции, амплитудное значение каждой из которых равно $F_{\max} = |M_x^{ин} / d|$, где d – расстояние между подшипниками. При конструировании механизмов и машин имеется возможность подобрать значение коэффициента формы тела вращения равным нулю. Такое тело правомерно назвать телом нейтральной формы. Простейшим примером таких тел являются сферически симметричные тела. Хотя опасности разрушения подшипников вследствие перекоса осей при вращении тел нейтральной формы и не возникает, но закладывать этот перекося в проект механизма, разумеется, недопустимо. Подбор тел нейтральной формы или близкой к ней следует рассматривать лишь как страховку от отклонения оси симметрии от оси вращения, возникающего при монтаже или в процессе эксплуатации механизма.

Пример.

Из тонкостенной трубы диаметра D требуется изготовить маховик. Определить такую длину h заготовки трубы, чтобы при случайном перекосе осей маховика, допущенном при его изготовлении, дополнительные динамические реакции подшипников не возникали. Массой спиц, связывающих маховик с осью вращения, пренебречь (рис. 2).

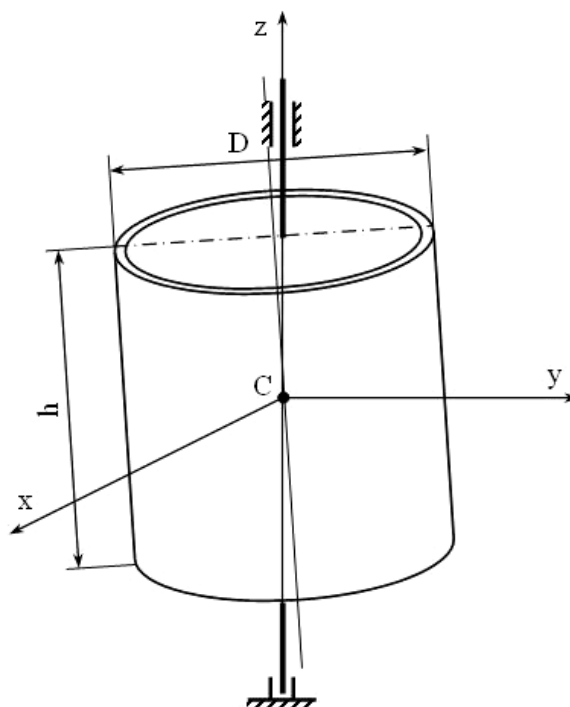


Рисунок 2

Для решения данной задачи получим выражение для коэффициента формы K_ϕ и приравняем его к нулю. Начало координат необходимо совместить с центром масс маховика, который совпадает с его геометрическим центром.

$$K_\phi = \int_0^R \int_{-h/2}^{h/2} \left[\frac{y^3}{2} - z^2 y \right] dz dy = \int_0^R \left[\frac{y^3}{2} h - y \frac{h^3}{12} \right] dy. \quad (9)$$

Пусть ΔR – малая, но не нулевая толщина трубы. Поскольку труба тонкая, то интегрирование по y имеет смысл заменить одним слагаемым при $y = R$

$$K_\phi = \frac{Rh\Delta R}{2} \left[R^2 - \frac{h^2}{6} \right] = 0; \text{ отсюда } h^2 = 6R^2 \text{ или } h = 2,450R = 1,225D.$$

Список использованных источников

1. Курс теоретической механики: Учебник для вузов / В.И. Дронг, В.В. Дубинин, М.М. Ильин и др.; Под общ. ред. К.С. Колесникова. 3-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 736 с.: ил.
2. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 336 с.
3. Старжинский В.М. Теоретическая механика. Учебник: Краткий курс по полной программе вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 464 с.

СЕЛЕКТИВНАЯ СБОРКА МНОГОЗВЕННЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Иванова Т.Г. –студент, Панов А.А. –к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сборка узла и всей машины является заключительным этапом технологического процесса изготовления, который определяет ее функциональные, служебные свойства. От качества сборки зависит успешность испытаний, надежность машины при последующей эксплуатации. Сборка взаимосвязана с технологическим процессом изготовления отдельных деталей, свойствами готовых изделий и комплектующих узлов. Важнейшей характеристикой сборки является точность, то есть обеспечение заданных отклонений размеров замыкающих звеньев размерных цепей. Допустимые пределы отклонений выходного параметра определяются возможностью обеспечения заданных характеристик машины. Метод обеспечения заданной точности сборки предопределяет точность технологического процесса изготовления деталей и технологию сборки.

Селективная сборка, при которой сборочный комплект составляют детали, предварительно отобранные по принятым характеристикам из числа годных, является одним из возможных способов получения заданной точности сборки. Теоретически селективная сборка может быть применима не только для трехзвенных цепей, но и для многозвенных.

Условия применения селективной сборки:

- законы рассеяния составляющих звеньев должны быть идентичными;
- сумма допусков увеличивающих звеньев должна равняться сумме допусков уменьшающих звеньев.

Если эти условия не соблюдать, то будет наблюдаться явление некомплекта из-за различия количества деталей в группе.

Как показывают результаты исследований, некомплектность можно теоретически свести к нулю и при отличающихся законах рассеяния размеров составляющих звеньев, отказавшись от условия равенства допусков и деления их на равные группы. Это возможно как для трехзвенных, так и для многозвенных цепей, когда каждый из составляющих размеров имеет свой закон рассеяния. Тем не менее, в реальных условиях некоторая величина некомплектности является неизбежной, поскольку на контроль (сортировку) детали поступают определенными партиями, и в пределах этих партий рассеяние размеров может отличаться от ожидаемого. Однако этот некомплект является переходящим, его величина является относительно небольшой и по сути лишь незначительно увеличивает объем незавершенного производства, не оказывая заметного влияния на ход производства.

В условиях серийного производства, когда выпуск изделий производится ограниченными партиями, законы рассеяния устойчиво не проявляются вследствие недостаточных объемов статистических выборок, что приводит к различию количества деталей в одноименных группах. Годные сопрягаемые детали, но принадлежащие к разным группам, не могут быть собраны в изделия со всеми вытекающими последствиями (необходимость пригонки или регулирования, запуск заведомо большей партии и т.п.), что влечет к росту производственных расходов и увеличению незавершенного производства.

Необходимо выполнить исследования, направленные на сокращение некомплектности при селективной сборке в условиях серийного производства для многозвенных цепей при отличающихся законах рассеяния размеров составляющих звеньев и отличающихся величинах допусков. Для экспериментальной проверки необходимо смоделировать на ЭВМ процесс формирования погрешности замыкающего звена и объема некомплектности.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ И ОТКАЗОВ

Татаркин М.Е. –аспирант, Ситников А.А.- д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет имени И.И.Ползунова

Наплавка применяется при изготовлении и восстановлении деталей различной конфигурации. Она обеспечивает высокие экономические и эксплуатационные показатели механизмов и машин.

Метод анализа видов и последствий потенциальных отказов, регламентированный ГОСТ Р 51814.2 – 2001 , является одним из перспективных и эффективных инструментов совершенствования технологических процессов (ТП) изготовления деталей с наплавленными поверхностями. Основной целью метода является предупреждение и ослабление влияния возможных дефектов (отказов) продукции.

Под дефектом понимается невыполнение требования, связанного с предполагаемым или установленным использованием (невыполнение операции ТП, невыполнение требований чертежа, люфты, зазоры и т.п.). Отказ – это непредусмотренное для нормального функционирования явление, приводящее к негативным явлениям при эксплуатации или изготовлении (шум, поломки, безопасность и т.д.).

Дефектами при изготовлении таких деталей могут быть, например, несоответствие полученных по регламенту ТП свойств требуемым (прочность сплавления основного материала с наплавляемым, дефекты в наплавленном слое, неравномерная твердость, образование трещин и т.д.). К геометрическим свойствам, подлежащим анализу, относятся: толщина наплавленного слоя, отклонения формы, шероховатость и другие.

В процессе доработки технологии перед ее запуском или при ее совершенствовании решают следующие задачи:

- обнаружение «слабых» мест ТП и принятие мер по их устранению;
- принятие решений о пригодности предложенных и альтернативных процессов и оборудования;
- доработка технологии до наиболее приемлемого варианта по надежности, обнаружению потенциально дефектных операций и т. д.
- подготовка серийного производства.

Методика совершенствования ТП должна включать выполнение следующих основных этапов [1].

- 1.Формирование «команды».
- 2.Ознакомление с предложенными вариантами технологического процесса.
- 3.Определение всех возможных дефектов на основе имеющейся информации и предшествующего опыта для всех этапов жизненного цикла.
- 4.Выявление для всех описанных видов потенциальных дефектов их последствий на основе опыта и знаний членов «команды».
5. Определение экспертами для каждого последствия дефекта балла значимости S.
6. Составление для каждого дефекта перечня потенциальных причин.
7. Определение для каждой потенциальной причины дефекта балла возникновения O.
8. Определение для данного дефекта и каждой отдельной причины балла обнаружения D в процессе изготовления.
- 9.Вычисление приоритетного числа риска (ПЧР) на основе оценок S, O, D по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \times O \times D .$$

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000.Его критическая граница (ПЧР_{Гр}) рекомендована в пределах от 100 до 125. Значение ПЧР_{Гр} может быть установлено и менее 100. Снижение ПЧР_{Гр} соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов.

10. Составление перечня дефектов/причин, для которых значение ПЧР превышает $ПЧ_{гр}$ (для них и следует далее вести доработку технологического процесса).

11. Определение корректирующих действий по доработке ранее предложенного варианта технологического процесса.

12. Расчет ПЧР для нового технологического процесса с учетом разработанных корректирующих мероприятий.

Методика анализа позволяет на отдельных стадиях жизненного цикла деталей с наплавленными поверхностями выявлять потенциальные дефекты, их причины и последствия, оценить риски появления и корректировать технологию.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 51814.2-2001 Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Кряжев Ю.А. - к.т.н., доцент, Огневенко Е.С. - аспирант,
Титова Е.В. - магистрант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из перспективных методов отделочно-зачистной обработки (ОЗО) является иглофрезерование. К основными достоинствам иглофрезерования можно отнести простоту конструкции и относительно низкую себестоимость изготовления инструмента, экологичность по сравнению с химическими методами ОЗО. Анализ технической литературы [1, 2 и др.] показывает, что иглофрезерование может применяться как для зачистки, декоративной обработки так и для резания металлов, является перспективным методом формирования качества поверхностей деталей. Проведенные исследования [3] показывают, что обработка иглофрезерованием позволяет обеспечить высокое качество поверхностного слоя с параметрами $Ra=2...7,5$ мкм, $Rz=10...30$ мкм.

В качестве инструмента при иглофрезеровании используется иглофреза – инструмент с множеством режущих элементов, изготавливаемых из стальной углеродистой пружинной проволоки (ГОСТ 9389-75) или стальной легированной пружинной проволоки (ГОСТ 14963-78) [1]. Как правило, для обработки плоских поверхностей применяются торцовые и цилиндрические иглофрезы с равной длиной проволочных элементов ворса.

На этапе проектирования операции иглофрезерования одними из основных задач технолога являются определение основных конструктивно-геометрических параметров иглофрезы и назначение рациональных режимов резания с целью обеспечения заданных параметров качества обрабатываемой поверхности. Для решения данных задач и снижение трудоемкости технологической подготовки производства (ТПП) необходима разработка методики проектирования операции иглофрезерования.

В соответствие с ГОСТ 2789-73 в качестве основных параметров качества поверхностного слоя для расчета были выбраны: среднеарифметическое отклонение профиля Ra , высота неровностей профиля по десяти точкам Rz и наибольшая высота профиля $Rmax$. Для определения выходных параметров шероховатости была построена расчетная схема процесса обработки плоской поверхности цилиндрической иглофрезой (рисунок 1).

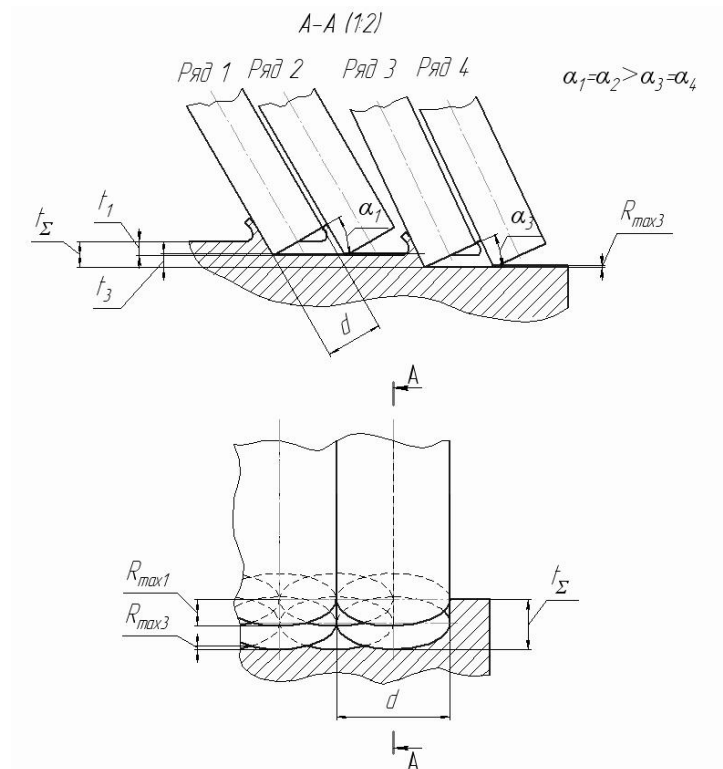


Рисунок 1. Расчетная схема процесса иглофрезерования плоской поверхности

В качестве входных параметров при иглофрезеровании были выбраны:

- диаметр режущих элементов (проволоки) d , мм;
- допуск на диаметральный размер режущих элементов в соответствии с ГОСТ 9389-75 и ГОСТ 14963-78;
- длина вылета режущих элементов l , мм;
- зазор между основанием иглофрезы и обрабатываемой поверхностью a , мм
- количество режущих элементов n , шт.

Глубина слоя, срезаемого i -м режущим элементом определялась как:

$$t_i = 0,5 \cdot d_i \cdot \sin \alpha_i, \text{ мм} \quad (1)$$

где d_i – диаметр i -ого режущего элемента, мм;

α_i – задний угол i -ого режущего элемента, градусы.

Наибольшая высота неровностей профиля рассчитывалась следующей формуле:

$$R_{max} = \frac{d_i \cdot (1 - \sqrt{1 - 0,25 \cdot \sin^2 \alpha_i})}{2 \cdot \sin \alpha_i}, \text{ мм} \quad (2)$$

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz :

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{p_{m_i}}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v_{m_i}}|}{5}, \text{ мкм} \quad (3)$$

где $y_{p_{m_i}}$ – высота i -ого наибольшего выступа профиля, мкм;

$y_{v_{m_i}}$ – высота i -ого наибольшей впадины профиля, мкм;

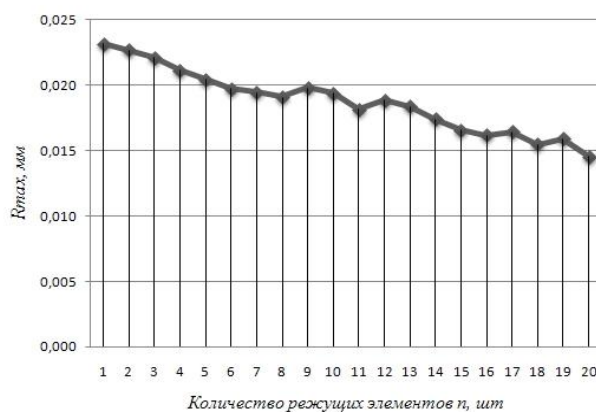
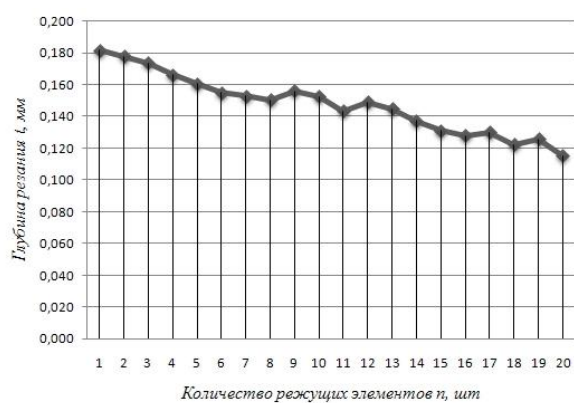
Среднеарифметическое отклонение профиля Ra :

$$Ra = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |y|, \text{ мкм} \quad (4)$$

k – число выбранных точек профиля на базовой длине, шт;

y – расстояние от любой точки профиля до средней линии, мкм.

Расчет выходных параметров шероховатости поверхности и глубины срезаемого слоя показал, что наибольшая высота неровностей профиля R_{max} и глубина слоя t_i , срезаемого i -м режущим элементом уменьшается с увеличением его порядкового номера (рисунок 2). Это связано с тем, что по мере удаления срезаемого слоя увеличивается зазор a между основанием иглофрезы и обрабатываемой поверхностью, что, в свою очередь, приводит к изменению углов резания и профиля режущего элемента в поперечном сечении.



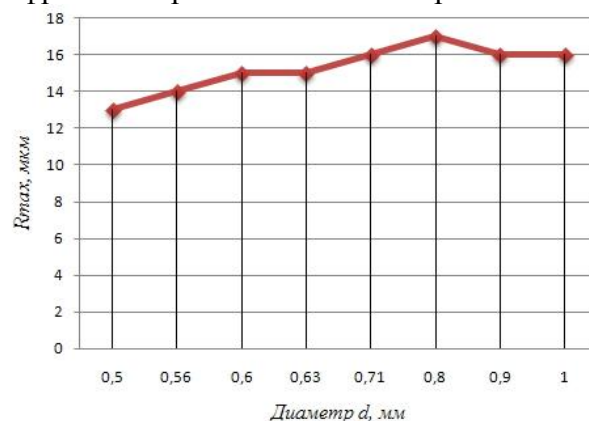
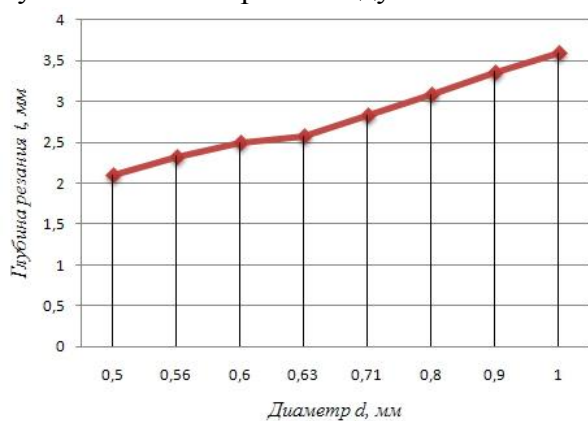
а)

б)

Рисунок 2. Зависимости глубины резания t (а) и наибольшей высоты профиля R_{max} (б) от количества n режущих элементов ($d=0,63$ мм, $l=30$ мм, $a=20$ мм)

Рассматривая рисунки 3, 4 и 5, можно отметить, что величина R_{max} и глубина слоя t_i , срезаемого i -м режущим элементом уменьшаются при:

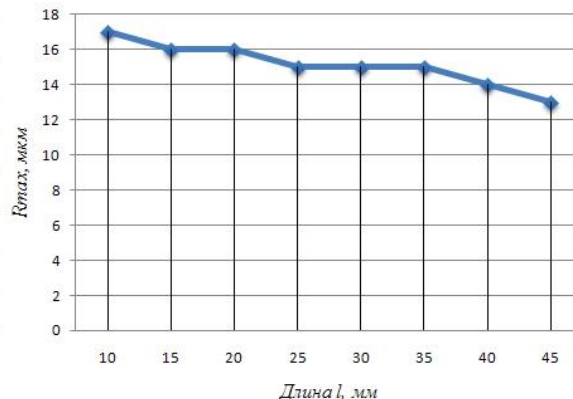
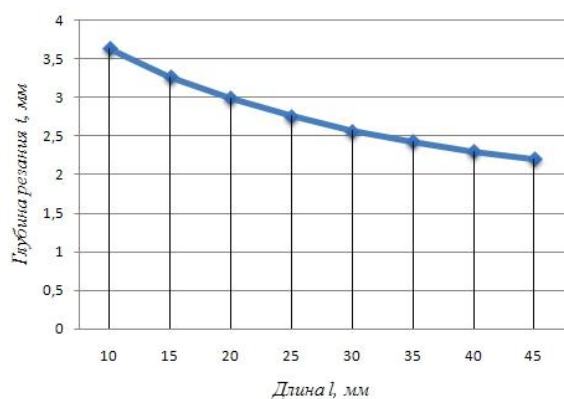
- уменьшении диаметра d режущих элементов;
- увеличении длины l режущих элементов;
- увеличении зазора a между основанием иглофрезы и обрабатываемой поверхностью.



а)

б)

Рисунок 3. Зависимости глубины резания t (а) и наибольшей высоты профиля R_{max} (б) от диаметра d режущих элементов ($l=30$ мм, $a=25$ мм, $n=40$)



а)

б)

Рисунок 4. Зависимости глубины резания t (а) и наибольшей высоты профиля R_{max} (б) от длины l режущих элементов ($d=0,63$ мм, $a=5 \dots 40$ мм, $n=40$)

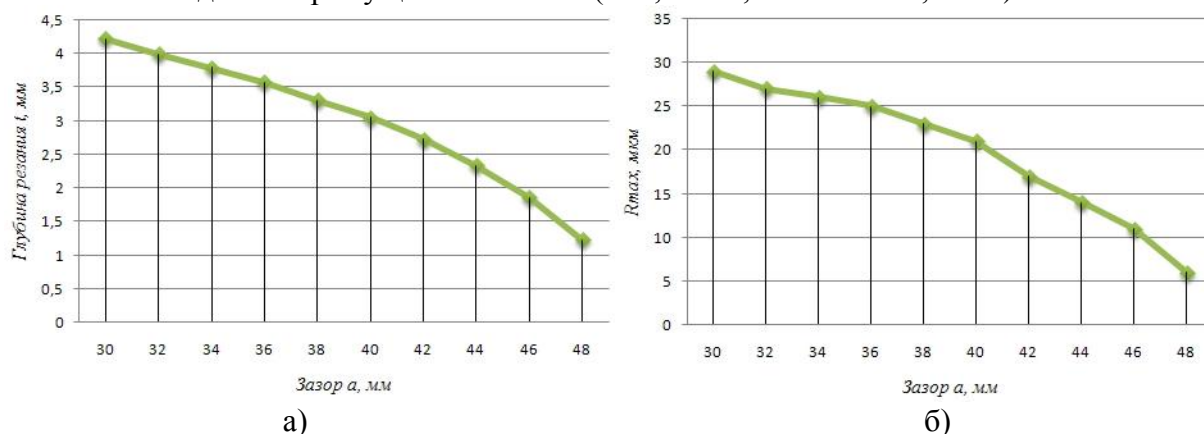


Рисунок 5. Зависимости глубины резания t (а) и наибольшей высоты профиля R_{max} (б) от величины зазора a между основанием иглофрезы и обрабатываемой поверхностью ($d=0,63$ мм, $l=50$ мм, $n=40$)

Таким образом, разработана методика расчета выходных параметров шероховатости поверхности и глубины срезаемого слоя при иглофрезеровании, позволяющая определить основные конструктивно-геометрические параметры иглофрезы и назначить рациональные режимы резания на этапе ТПП.

Список использованных источников

1. Ковшов, А. Н. Нетрадиционные методы обработки материалов [Текст] / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, В. М. Ярославцев. – М : МГОУ, 2007. – 211 с.
2. Вороненко, В. П. Параметры резания при иглофрезеровании [Электронный ресурс] / В. П. Вороненко, М. И. Седых // Материалы 65-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров" Международного научного симпозиума «Автотракторостроение – 2009». – Режим доступа: http://www.mami.ru/science/autotr2009/scientific/article/s07/s07_18.pdf
3. Баршай, И. Л. Моделирование формирования качества поверхности заготовок из чугунов при иглофрезеровании [Электронный ресурс] / И. Л. Баршай, Е. Э. Фельдштейн, А. В. Бирич, С. П. Гончаров // Вестник белорусского национального технического университета. – 2009. – №5. – Режим доступа: http://library.bntu.by/vesnik_pdf/vesnik_2009_5/6.pdf

ВЛИЯНИЕ НАРОСТООБРАЗОВАНИЯ НА УСЛОВИЯ РЕЗАНИЯ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Бабушкина Г.В. – студент гр. ТАП-61, Командина А. А. – магистрант гр. МТАП-92,
 Черданцев А. О. – аспирант, Некрасов В. Н. – ст. преподаватель
 Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В настоящее время в машиностроении самыми распространенными методом обработки металлов является резание. В процессе обработки резанием человек сталкивается с различными явлениями, которые по-разному могут сказаться на качестве обработанной поверхности и инструменте.

При некоторых условиях резания на передней поверхности режущей кромки резца налипают обрабатываемый материал, образуя так называемый нарост, который по строению отличается от обрабатываемого материала и стружки. Нарост – это результат сложного

процесса, проходящего в зоне контакта инструмента с обрабатываемым материалом, представляющий собой неустойчивую структуру, состоящую из последовательно образованных слоев, значительно упрочненных за счет больших пластических деформаций [1]. Нарост имеет форму клина, угол резания δ' которого меньше, чем угол δ резца. Твердость нароста в 2,5 – 3,5 раза превосходит исходную твердость обрабатываемого материала, и поэтому может сам участвовать в процессе резания. После достижения возможной максимальной величины нарост некоторое время остается стабильным, а потом частично или полностью разрушается. Появление и исчезновение нароста приводит к тому, что угол резания является величиной переменной. При черновой обработке образование нароста можно считать положительным явлением, так как он облегчает процесс стружкообразования за счет уменьшения угла резания, защищает лезвие от истирающего действия стружки и воздействия теплоты, возникающей в процессе резания.

При чистовой обработке явление нароста нежелательно, так как оно приводит к ухудшению качества обработанной поверхности. Срыв нароста, изменяя угол резания и усилия резания, вызывает вибрации. Кроме того, частицы нароста при разрушении прилипают к обработанной поверхности, увеличивая ее шероховатость. Все это с позиций современных требований к качеству обработки просто недопустимо.

Одним из важных параметров нароста является его высота, так как от ее величины зависит его стабильность и значение угла резания. Чем меньше высота, тем более устойчивый нарост и больше его угол резания. Основным фактором, определяющим этот размер нароста, является режим резания. Наибольшее влияние оказывает скорость резания, несколько меньше – подача. Следовательно, изменяя режимы резания, мы можем управлять высотой нароста.[2]

Для предотвращения наростообразования используют средства, способствующие уменьшению трения на передней поверхности инструмента: применение СОЖ, доводку рабочих поверхностей инструмента, уменьшение угла резания и др. [2]

Наиболее эффективным и дешевым методом борьбы с наростообразованием является изменение режимов резания. В современных условиях наиболее просто это можно осуществить на станках с ЧПУ. Для использования данного способа необходимо знать области значений режимов резания, в которых возможен процесс наростообразования, чтобы избегать их. Для этого необходимо провести исследования и разработать аналитическую модель. Это можно осуществить используя методы математического моделирования.

Список использованных источников

1. Трент Е.М. «Резание металлов»: Пер. с англ/Пер. Айзеншток Г.И. – М.: Машиностроение, 1980. – 263 с., ил.
2. Филоненко С.Н. «Резание металлов» – Киев: «Техніка», 1975. – 232 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОДНАЛАДКА ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ РАСТАЧИВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Ковылин Д.А. – студент, Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет г. Барнаул

Повышение точности и производительности обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ может быть достигнуто применением автоматических измерительных устройств для контроля размеров и формы отверстий. В этом случае в автоматическом режиме должно осуществляться измерение отверстия, путем его ощупывания с последующим автоматическим расчетом величины коррекции и ее использованием для автоматической подналадки инструмента.

Для этого в шпиндель или револьверную головку станка, вместо одного из инструментов, вставляется резцедержатель с измерительным щупом (тактильным датчиком),

позволяющие, после переключения из рабочей позицию в измерительную, подавать управляющий сигнал в систему ЧПУ. Щуп в измерительном цикле подводится к запрограммированному месту отверстия, измеряет истинный размер и сравнивает его с заданным значением. И как только отклонение размера достигнет границы поля допуска, система принимает решение о необходимости коррекции.

По принципу работы измерительные щупы (тактильные датчики) бывают контактные (с внешним и внутренним контактом) и индуктивные. Величина перемещения фиксируется в системе управления с помощью измерительных преобразователей обратной связи привода подачи станка и вычисляется координата касания тактильного датчика. Приемник сигнала датчика находится на станке, причем его желательно располагать подальше от зоны обработки во избежание попадания на него СОЖ и стружки.

Указанным условиям лучше всего отвечают датчики с использованием инфракрасного излучения для передачи сигнала. Инфракрасное излучение не только проникает через масляный туман, СОЖ и дым, но и, отражаясь от поверхностей, окружающих зону обработки, способствует усилению сигнала. А направленность излучения устраняет необходимость строгой ориентации датчика относительно приемника. Смещение щупа датчика в момент касания вызывает изменение частоты модуляции светового потока, что фиксируется блоком интерфейса и индуцируется его выходным сигналом, поступающим в УЧПУ.

Достаточно прост и надежен также индуктивный способ передачи сигнала касания, в котором используется изменение частоты в диапазоне 5–10 кГц. Осциллятор и питающая его батарея находятся в измерительной головке. Осциллятор включается автоматически при установке измерительной головки в шпиндель. Вторичная катушка, принимающая сигнал, выполняется обычно кольцеобразной формы, что позволяет уменьшать погрешность измерения поворотом головки на 180° .

Установленный на станке тактильный датчик можно использовать не только для измерения обрабатываемой детали, но и для выполнения других функций: 1 – контроля состояния инструмента до начала процесса обработки; 2 – обнаружения чрезмерного припуска; 3 – отсутствия инструмента или его поломки; 4 – установки станка на нуль и контроля положения детали до начала процесса обработки.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ БЕЗАБРАЗИВНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Анзыряев Р. А. – студент, Леонов А.М. – доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Актуальной задачей современного машиностроения является обеспечение надежной, безотказной работы деталей машин, что в существенной мере определяется качественным состоянием их рабочих поверхностей. Качество обработки деталей машин формируется на финишных операциях технологического процесса их изготовления.

Существуют методы, позволяющие улучшить состояние поверхностного слоя. Большое распространение получили методы поверхностного пластического деформирования (ППД). ППД создает упрочнение поверхностного слоя, в котором возникают сжимающие остаточные напряжения, повышающие прочность деталей при переменных нагрузках в 1,5–2,5 раза, а долговечность в 5–10 раз. При этом также происходит сглаживание микронеровностей поверхности, улучшение ее чистоты и качество профиля. Технология ППД с использованием ультразвуковых процессов позволяет снизить материалоемкость, повысить надежность и работоспособность изделий.

Безабразивная ультразвуковая финишная обработка (БУФО) производится наконечником сферической или цилиндрической формы, который прижимается к обрабатываемой поверхности детали с силой 5–50 кгс и перемещается вдоль нее.

Материалом наконечника может быть твердый сплав, СТМ, природные или синтетические алмазы. Колебания наконечника с ультразвуковой частотой в диапазоне 18–44 кГц позволяют на порядок уменьшить силу давления инструмента в сравнении с обычной обработкой без ультразвука.

Ультразвуковая финишная обработка поверхности металла вслед за резцом, может снизить шероховатость поверхности до $Ra=0,04-0,1$ мкм. Микротвердость обработанного слоя, например, стали, увеличивается на 5–35%. Повышается усталостная прочность, увеличивается до 90% опорная поверхность. Остаточные напряжения трансформируются в сжимающие, некруглость геометрии детали после резца снижается на 25–30%. Таким образом, становится реальной технология обработки детали «за один установ», так как отпадает необходимость применения шлифовальных и других финишных операций. Производительность, согласно практике некоторых отечественных заводов, возрастает в 2–10 раз. Более того, возможна и перспективна в плане производительности совместная обработка резанием и ультразвуком.

Целью предлагаемой работы является разработка такой конструкции ультразвукового раскатного инструмента, который позволил бы снизить шероховатость обработанной поверхности, повысить прочность поверхностного слоя металла при одновременном снижении требований к жесткости технологической системы.

В известных конструкциях раскатных инструментов для обработки отверстий применяется один радиально расположенный наконечник. Такие конструкции требуют повышенную жесткость технологической системы и в первую очередь, жесткость самих инструментов. Такими довольно громоздкими инструментами практически невозможна обработка отверстий небольших диаметров.

В докладе предлагается разработка конструкции инструмента с диаметрально противоположным расположением наконечников, что должно значительно снизить требования к жесткости технологической системы. Задачи исследования:

1. Изучить опыт и исследовать рекомендуемые режимы ультразвуковой обработки.
2. Исследовать влияние ультразвуковых явлений и воздействий на работоспособность, надежность и точность изделий, а также на жесткость технологической системы.
3. Исследовать и разработать конструкции раскатного инструмента и другой технологической оснастки для безабразивной ультразвуковой обработки прецизионных отверстий корпусных деталей.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ ТОНКОСТЕННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Казакеев С.В. – магистрант, Гончаров В.Д. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (Барнаул)

В настоящее время производится большой объем механической обработки тонкостенных корпусных деталей коробчатого типа с ребрами жесткости. Это главным образом корпуса приборов, элементы силового летательных аппаратов (ЛА), корпуса агрегатов автомобилей. Элементы силового набора воздушного судна (панели, лонжероны, шпангоуты, стенки и т.п.), как правило являются нежесткими деталями и имеют толщину ребер $1,5 \div 3$ мм, а толщину полотна (дна) $0,8 \div 1,5$ мм. Многие элементы силового набора ЛА определяют аэродинамическую кривизну обшивки и потому их стенки (пояса) могут иметь сложную двояковогнутую форму. Основными конструктивными элементами таких деталей являются карманы различной формы. Они могут быть открытыми, закрытыми, содержать три угла и более, как острых так и тупых. По дну имеются радиусы сопряжения обычно в пределах $3 \div 6$ мм. [1] Такие детали получают обработкой концевыми фрезами. Для среднесерийного и крупносерийного производств, являющихся на сегодняшний день наиболее распространенным типом производства, а также в связи со сложностью геометрических параметров тонкостенных корпусных деталей, высокими требованиями к

точности размеров и формы, качеству поверхности применяют обрабатывающие центры с числовым программным управлением. Как правило в зависимости от сложности конструкции детали применяют станки с различным числом управляемых осей станка (2.0, 2.5, 3.0, 5.0 координат).

Обеспечение максимальной производительности при заданных точности размеров и качестве поверхности является комплексной задачей, решаемой по нескольким основным направлениям. Для обработки нежестких конструктивных элементов деталей главными ограничителями являются силы резания, приводящие к упругим деформациям, превышающим значение поля допуска; также их (элементов) низкая виброустойчивость.

Объем материала снимаемый за единицу времени определяется начальными параметрами режимов обработки (подачей на зуб, шириной и глубиной фрезерования); свойствами материала и геометрией инструмента (твёрдостью, геометрией режущего зуба, числом зубьев, расположением зубьев); стойкостью инструмента (заданным расходом инструмента) и зависящими от них скоростью резания и минутной подачей; мощностью привода станка; жёсткостью всей технологической системы (ТС). Съём материала за единицу времени ограничивается жёсткостью конструктивных элементов обрабатываемой детали и как следствие пределами величины составляющих сил резания.

Структура и величина упругих деформаций элемента (далее стенки) зависит от упругих свойств материала детали и от его геометрических параметров. Для их определения применяют различные теоретические методы, основанные на теории упругости. В частности здесь применим метод конечных элементов, с помощью которого можно решать задачи в среде компьютерных программ инженерного анализа. Данный метод позволяет моделировать упругие деформации заготовок достаточно сложной формы, при приложении к ним определённых нагрузок, соответствующих силам резания.

Назначение оптимальных параметров режимов резания осуществляется преимущественно с помощью нормативных данных, полученных эмпирическим путём. Существуют различные базы нормативных данных, рекомендуемые значения в которых могут существенно различаться, что приводит к противоречиям и неоднозначности в принятии технологических решений. Рекомендуемые значения параметров (подачи на зуб, показательных и линейных коэффициентов) формируются в результате обработки большого количества экспериментальных данных, и с учётом оптимизируемых параметров обработки и производственного опыта. Оптимизируемыми параметрами обработки как правило являются производительность, износ инструмента, силовые нагрузки на ТС, качество обработанной поверхности (параметры шероховатости). В связи с улучшением характеристик выпускаемых инструментальных материалов, усовершенствованием конструкции самого инструмента (фрез), а также повышением требований к качеству обрабатываемой поверхности (особенно в авиастроении), критерии оптимизации нормативных рекомендаций смещаются как правило в сторону снижения шероховатости. Качество поверхности должно быть одним из ограничений в оптимизационной модели режимов резания. Выбор оптимальных ширины и глубины фрезерования связан во многом с ограничениями по силовыми нагрузкам на инструмент и заготовку, что весьма важно при фрезеровании тонкостенных маложёстких деталей. Для фрезерования концевой фрезой шириной фрезерования B считается длина контакта лезвия зуба измеряемая в направлении оси вращения фрезы, а глубиной фрезерования t продолжительность контакта зуба с заготовкой, измеряемая перпендикулярно оси фрезы. [2] Распределение припуска по ширине и глубине фрезерования существенно влияет на производительность обработки. В наших исследованиях мы качестве примера рассмотрели случай с изменением припуска только по одной координате. Фрезеруется паз (рисунок 1) размерами $50 \times 24 \times 16$ мм, имеющий одну стенку с малой относительной толщиной (тонкую стенку), в заготовке из дюралюминия. Фреза имеет диаметр $D = 16$ мм, равный ширине паза, число зубьев $z = 3$, материал режущей части Р6М5.

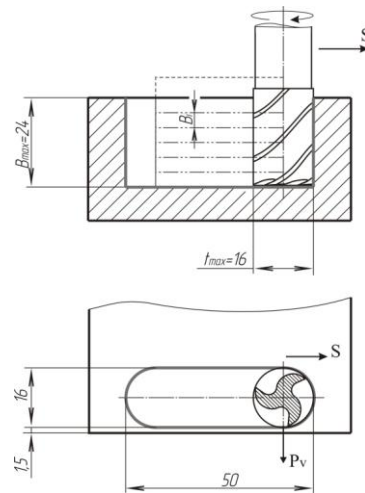


Рисунок 1 – Схема фрезерования паза с тонкой стенкой.

Для расчётов скорости резания и силы резания использованы стандартные формулы [2]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \text{ м/мин};$$

(1)

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x'} \cdot s_z^{y'} \cdot B^n \cdot z}{D^{q'} \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \text{ Н.}$$

(2)

Были заданы следующие входные параметры фрезерования: подача на зуб $s_z = 0,14$ мм/зуб, глубина резания $t = 16$ мм, длина одного горизонтального прохода фрезы $L_{np} = L - D = 50 - 16 = 34$ мм, период стойкости фрезы $T = 80$ мин, ширина фрезерования B_i равная шагу по вертикальной оси задавалась в значениях кратных 24 для обеспечения равных шагов по всей высоте. В результате расчётов были получены значения составляющей силы резания P_v нормально направленной по отношению к тонкой стенке, для различных значений B_i .

$$P_v = 0,9 \cdot P_z, \text{ Н.} \quad [2] \quad (3)$$

График зависимости этой силы от ширины фрезерования и соответственно количества проходов представлен на рисунке 2, а). Так же было рассчитано время затрачиваемое на горизонтальные проходы для обработки всего паза

$$T_o = \frac{L_{np} \cdot h_{паза}}{s_M \cdot B_i}, \text{ мин};$$

(4)

график зависимости его от ширины фрезерования представлен на рисунке 2, б).

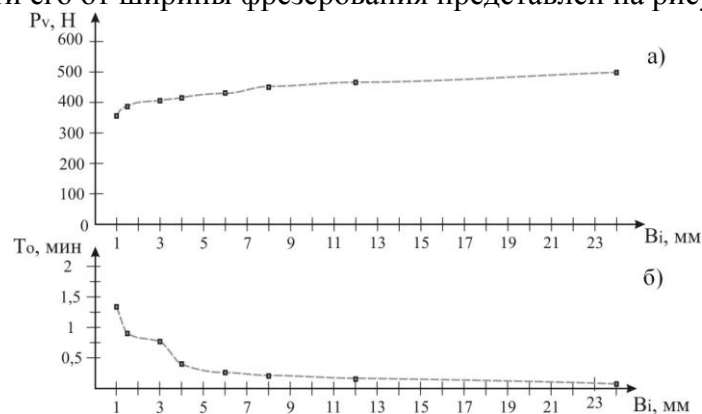


Рисунок 2 – Графики зависимости силы резания а) и общего времени обработки б) от ширины фрезерования.

Из полученных зависимостей можно видеть значительное относительное увеличение времени обработки (снижение производительности) с увеличением числа вертикальных шагов фрезерования, при этом значение составляющей силы резания возрастает с увеличением в рассмотренном диапазоне ширины фрезерования примерно с 350 до 500 Н. Поэтому выбор оптимального значения ширины фрезерования определяется предельно допустимой силой P_v относительно предельно допустимого прогиба тонкой стенки. При этом в общем случае равный вертикальный шаг необязателен.

Основным исходным параметром режимов резания является подача на один зуб. Она зависит в той или иной степени от ширины и глубины фрезерования и диаметра инструмента; минимально допустимая подача определяется минимальной глубиной резания на одном зубе. Подача на один зуб может быть как рассчитана по показательным (степенным) коэффициентам, так и выбрана в виде готового значения из таблиц нормативных справочников. Значение подачи может быть увеличено в связи с повышенными характеристиками материала режущей части инструмента или большой мощностью станка, однако это повлечёт за собой увеличение силы резания.

Сила резания при постоянной подаче на зуб прямо пропорционально зависит от числа зубьев фрезы как видно из формулы (2). Применение фрез с малым числом зубьев ($2 \div 3$) позволяет обрабатывать замкнутые пазы большой глубины за счёт большого пространства для размещения стружки, при этом высока шероховатость обработанной поверхности. Поэтому для чистовых проходов целесообразно применять фрезы с большим числом зубьев ($4 \div 6$), жёсткость инструмента в этом случае выше.

Фрезерование маложёстких деталей из многих материалов часто сопровождается возникновением вибраций в ТС. Эти вибрации представлены в основном вынужденными колебаниями, однако часто имеют место и автоколебания. Появление последних с недопустимо большой амплитудой становится основным сдерживающим фактором возможного повышения производительности. Снижение автоколебаний может осуществляться путём повышения жёсткости и демпфирующей способности ТС, снижение силовой напряжённости процесса резания; однако их радикальное подавление возможно только путём разрушения механизма их поддержания. В настоящее время имеются две таких возможности – применение инструмента с переменным шагом зубьев и применение устройств для работы с модулируемой (периодически изменяемой) скоростью резания. Создание устройств модуляции скорости резания является современным направлением в борьбе с автоколебаниями. Такие устройства (головки) представляют собой механические или гидромеханические агрегаты монтируемые на шпиндельной головке (бабке) станка, передающие вращение и крутящий момент от шпинделя на управляемый в них инструмент, при этом на выходе частота вращения изменяется по заданному периодическому закону (с определённой частотой и глубиной модуляции). В отличие от применения фрез с переменным шагом зубьев, применение головок модулированной скорости резания позволяет устранять автоколебания на всём диапазоне скоростей резания. [1]

Для фрезерования тонкостенных деталей как правило применяют попутное направление фрезерования, так как при нём силы резания прижимают заготовку к приспособления, способствуя повышению жёсткости технологической системы. Применение встречного фрезерования требует применения специальной оснастки для жёсткого закрепления заготовки по всем направлениям. Обеспечение постоянства направления фрезерования должно быть учтено при разработке траектории движения фрезы относительно заготовки.

Стратегия формирования траектории движения инструмента (стратегия фрезерования) фактически является общим геометрическим законом. Она выбирается при создании управляющей программы (УП) в САМ системе САПР ТП. Выбор стратегии или комбинации стратегий определяется формой обрабатываемой (формируемой) поверхности, её заданной шероховатостью, распределением жёсткости в теле заготовки, количеством управляемых координат станка. Для обработки замкнутых карманов, на пример применяют эквидистанту

(рисунок 3, а), обратную эквидистанту (рисунок 3, б), зигзаг с последующим проходом по эквидистанте [3] (рисунок 3, в). В случае обработки кармана с нежесткими стенками эквидистанта позволяет подойти к стенке с минимальным оставшимся припуском. Для станков с числом управляемых координат 3 и выше возможно применение вертикального врезания фрезы по схеме «горка» с определённым углом врезания, что повышает производительность операции.



Рисунок 3 – Примеры стратегий фрезерования: а) – эквидистанта, б) – обратная эквидистанта, в) – зигзаг с последующим обходом.

Обеспечение необходимой статической жёсткости ТС при фрезеровании концевыми фрезами тонкостенных корпусных деталей требует создания специальной оснастки, включающей приспособления для базирования и закрепления заготовки. Увеличение точек опоры заготовки осуществляется с помощью применения самоустанавливающихся опор с последующей их жёсткой фиксацией. Такие опоры должны интегрироваться в универсально сборные приспособления, обеспечивать ограничение перемещения (упругой деформации) горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей, для большого количества опор иметь централизованную систему фиксации для сокращения вспомогательного времени. Для фиксации тонкой стенки в обоих направлениях по оси опоры можно применять конструкции с вакуумными или магнитными захватами.

Список использованных источников

1. Балла О.М., Замашиков Ю.И., Понамарёв Б.Б. Фрезы и фрезерование. – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2006 – 172 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Марков А.М. Проектирование обработки для автоматизированных производственных систем. – Издательство АлтГТУ, 2005. 154 с.

ДЕФОРМАЦИИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДОРНОВАНИЕМ ДЕТАЛИ С НЕРАВНОМЕРНОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ

Тузовский М.А. – магистрант, Буканова И.С. – ст. преподаватель, Ятло И.И. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применение дорнования в качестве размерной операции при обработке цилиндрических отверстий в образцах с неравномерными стенками возможно лишь при таком режиме, который обеспечивает сохранение первоначальной формы отверстия, так как в противном случае неравномерность стенок вызовет такую неравномерность деформаций, которая обусловит появление недопустимой эллипсности у обработанного отверстия. Поэтому режим деформирования должен учитывать толщину минимальной стенки и жесткость сечения. Величины деформаций при дорновании, кроме того, зависят от механических свойств обрабатываемого материала и геометрии дорна.

При правильно выбранном режиме деформирования размерная точность обработанных дорнованием отверстий возрастает на 35 – 50 % по сравнению с отверстиями, полученными растачиванием, зенкерованием или шлифованием. Точность формы и размеров обработанного отверстия при дорновании в таком случае можно получать длительное время устойчиво, а это значительно облегчает автоматизацию процесса. Все это вместе взятое делает расчет деформаций при дорновании важнейшей частью технологического процесса.

Рассмотрим первоначально схему деформирования образца с симметричными стенками (рисунок 1-Б). Дорн, проталкиваемый через отверстие, раздвигает его до размера диаметра цилиндрической ленточки; в результате поверхностные слои металла отверстия деформируются. После выхода дорна из очага деформаций образец, ввиду существующих упругих связей, частично восстановит прежний диаметр.

Пластически деформированный слой будет препятствовать возвращению вышележащих упругих слоев в исходное положение.

Эти слои металла под действием сил упругости давят на нижние и создают так называемое состояние непрерывного скрепления, так что между каждым слоем металла возникают внутренние напряжения сжатия.

Процесс дорнования сопровождается появлением полных радиальных деформаций по внутреннему и наружному диаметрам образца:

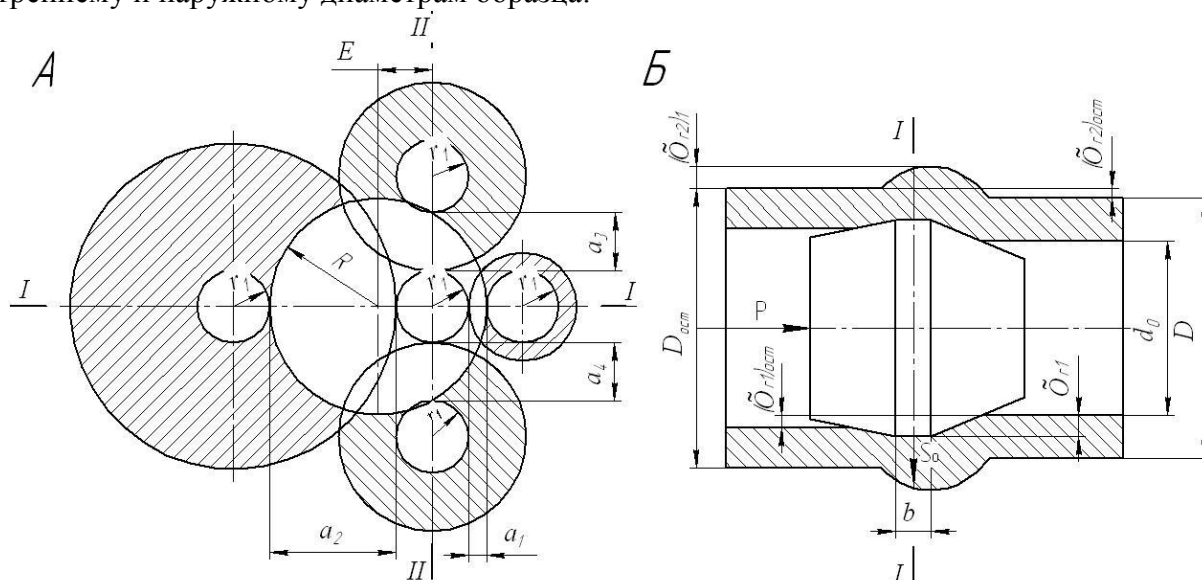


Рис 1
 А. Образец с неравномерной стенкой и схема эквивалентных образцов с симметричными стенками по сечениям I-I и II-II.
 Б. Схема деформирования образца с симметричными стенками

$$\delta_{r1} = \delta_{r1}^{\text{н}} + \delta_{r1}^{\text{ост}} \quad (1)$$

$$\delta_{r2} = \delta_{r2}^{\text{н}} + \delta_{r2}^{\text{ост}} \quad (2)$$

Дорн в зависимости от натяга дорнования образует на наружной поверхности образца волну деформированного металла (рисунок 1- А, сечение I – I). Наибольшая деформация по наружной поверхности образца будет в сечениях, близких к цилиндрической ленточке дорна. Сдвиг поверхностных слоев металла под влиянием сил трения и продольных усилий деформирования (рисунок 1, усилие N'1) в направлении движения дорна обнаруживается лишь вблизи торцов образца, что объясняется свободным течением металла этих зон в процессе деформирования. При дорновании глубоких отверстий заметного сдвига поверхностных слоев металла практически не наблюдается.

В процессе дорнования происходит строго равномерное радиальное деформирование, ввиду чего геометрическая форма обрабатываемого отверстия (за исключением участков, лежащих вблизи торцов) остается неизменной. Схема деформирования усложняется тем, что, как это уже было отмечено ранее, в зоне контакта дорна с изделием в различных сечениях, перпендикулярных оси образца, возникают разные схемы напряжений и деформаций. На

практике при дорновании деталей имеют дело прежде всего с радиальными деформациями, величина которых может быть измерена с большой точностью.

Однако зависимости, полученные для расчета радиальных деформаций при дорновании образца с симметричными стенками, оказываются непригодными, когда требуется рассчитать деформации для образца со стенками неравномерной толщины, так как эти зависимости не учитывают ни изменения толщины стенок, ни вызванного неравномерностью стенок характера распределения напряжений.

На основании зависимости между напряжениями и толщиной стенки образца при дорновании образцов с неравномерной стенкой можно приближенно представить деформации в любом направлении по нормальному сечению образца как сумму деформаций, отнесенных к эквивалентным образцам с симметричными стенками соответствующей толщины (рисунок 1-А).

Тогда для периода полной перегрузки радиальные остаточные деформации $2(\delta_{r1})_{ocm}$ для двух взаимно перпендикулярных сечений могут быть определены по следующим уравнениям:

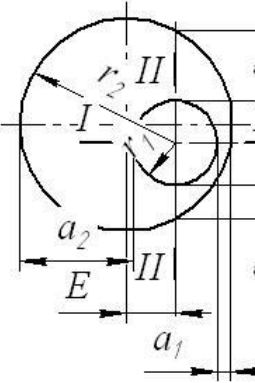
$$2\delta_{r1}^{\overline{ocm}} = \frac{1}{E \cdot r_1^2} \left\{ \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{R - \varepsilon - r_1^2} \right] + \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{R + \varepsilon - r_1^2} \right] \right\} \quad (3)$$

$$2\delta_{r1}^{\overline{ocm}} = \frac{2}{E \cdot r_1^2} \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{R^2 + \varepsilon^2 - r_1^2} \right] \quad (4)$$

где S – величина давления дорна на поверхность обрабатываемого отверстия.

Расчет деформаций при дорновании образцов с неравномерной стенкой, проведенный по предлагаемым зависимостям, дает расхождения с экспериментальными данными не более чем на 17% и поэтому может быть рекомендован для практического использования. Расчетные зависимости для определения диаметральных остаточных деформаций при дорновании разностенных деталей различной конфигурации приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Зависимости для определения диаметральных остаточных деформаций

Эскиз образца	Расчетные формулы
	$2\delta_{r1}^{\overline{ocm}} = \frac{1}{E \cdot r_1} \left\{ r_{2a_{1c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{2c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right] \right\};$ $2\delta_{r1}^{\overline{ocm}} = \frac{1}{E \cdot r_1} \left\{ r_{2a_{3c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{3c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{4c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{4c}}^2 - r_1^2} \right] \right\};$ $\Delta = \frac{1}{E \cdot r_1} \left\{ \left[r_{2a_{1c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{2c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right] \right] - \left[r_{2a_{3c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{3c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{4c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{4c}}^2 - r_1^2} \right] \right] \right\};$

	$2 \epsilon_{r1}^{\text{ocm}} = \frac{1}{E \cdot r_1} \left\{ r_{2a_{1c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{2c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right] \right\}$ $2 \epsilon_{r1}^{\text{ocm}} = \frac{2r_{2a_{3c}}^2}{E \cdot r_1} \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{3c}}^2 - r_1^2} \right];$ $\Delta = \frac{1}{E \cdot r_1} \left\{ \left[r_{2a_{1c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right] + r_{2a_{2c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right] \right] - \left[-2r_{2a_{3c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{3c}}^2 - r_1^2} \right] \right] \right\}$
	$2 \epsilon_{r1}^{\text{ocm}} = \frac{2r_{2a_{1c}}^2}{E \cdot r_1} \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right];$ $2 \epsilon_{r1}^{\text{ocm}} = \frac{2r_{2a_{2c}}^2}{E \cdot r_1} \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right];$ $\Delta = \frac{2}{E \cdot r_1} \left\{ r_{2a_{1c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{1c}}^2 - r_1^2} \right] - r_{2a_{2c}}^2 \left[\sigma_{l_0} - \frac{2}{3} S_0 \frac{r_1^2}{r_{2a_{2c}}^2 - r_1^2} \right] \right\};$

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НЕПОДВИЖНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИПА «КОРПУС - ВТУЛКА» ФОРМИРОВАНИЕМ ЧАСТИЧНО - РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА

Холодов Д.А. - магистрант, Ятло И.И. - к.т.н., доцент, Буканова И.С.- ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Для регуляризации микрорельефа охватывающей детали (корпуса) неподвижного соединения в данной работе используется один из способов отделочно-упрочняющей обработки ППД с полужесткой связью деформирующих тел с источником движения – центробежно-инерционное накатывание.

Данный метод нанесения частично-регулярного микрорельефа позволяет получать поверхность с дискретными регулярными микронеровностями шахматного расположения (ДРМР) по ГОСТ 24773.

Параметры ЧРМР: θ – угол направления неровностей, S_0 – осевой шаг и S_k – круговой шаг неровностей определяются геометрией деформирующего элемента (ролика) накатника и продольной подачей. Другие параметры: h – глубина неровностей и F_n – относительная площадь, занимаемая регулярными неровностями, зависят от частоты вращения накатника, механических свойств охватывающей детали и определяются необходимыми значениями показателей прочности соединения.

Схема процесса центробежно-инерционного накатывания частично-регулярного микрорельефа приведена на рисунке 1.

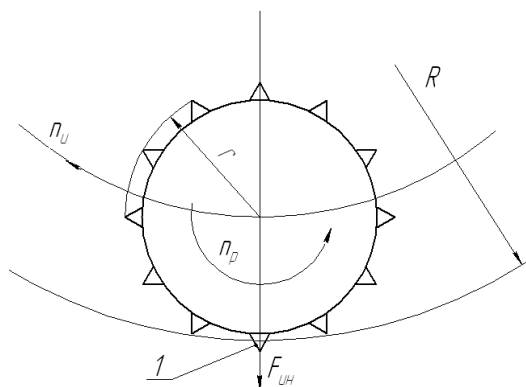


Рисунок 1 - Схема процесса центробежно-инерционного накатывания.
 R - радиус отверстия корпуса, r - радиус деформирующего ролика, n_u - частота вращения накатника, n_p - частота вращения ролика, l - деформирующий элемент ролика

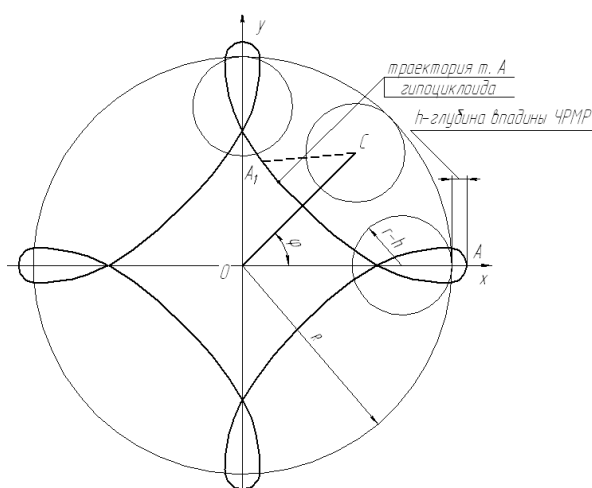


Рисунок 2 - Траектория вершины деформирующего элемента

Анализ кинематики взаимодействия деформирующего элемента ролика накатника с внутренней поверхностью корпуса показывает, что вершина деформирующего элемента, внедряясь в поверхность отверстия корпуса на глубину h , описывает траекторию удлиненной гипоциклоиды (гипотрохоиды). Так называется кривая, описываемая точкой, лежащей вне окружности, катящейся без скольжения по другой окружности (рисунок 2)

Уравнение удлиненной гипоциклоиды в параметрической форме:

$$\begin{cases} x = R \cos \theta + (r-h) \cos \left(\frac{R}{r-h} \theta \right) \\ y = R \sin \theta + (r-h) \sin \left(\frac{R}{r-h} \theta \right) \end{cases} \quad (1)$$

Где $m = \frac{r-h}{R}$ (2)

Вершина деформирующего элемента от начала касания обрабатываемой поверхности до максимального заглубления h увеличивает размер единичной впадины в направлении вращения деформирующего ролика и впадина принимает форму эллипса с полуосями a и b (рисунок 3).

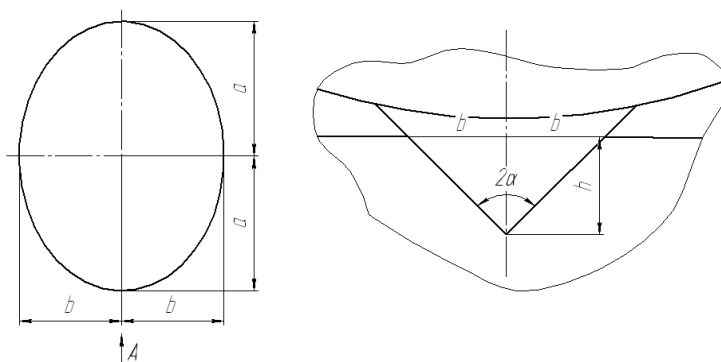


Рисунок 3 - Формирование впадины микрорельефа.

Отсюда площадь единичной впадины микрорельефа:

$$F_{\text{вп}} = \frac{1}{2} b H \quad (3)$$

При анализе формирования профиля установившейся поверхности центробежно-инерционным накатыванием необходимо учитывать не только геометрические параметры деформирующего элемента, но накатного ролика и накатника в целом. Основные факторы, оказывающие влияние на параметры частично-регулярного микрорельефа следующие:

- r - радиус деформирующего ролика;
- R - радиус отверстия в корпусе;
- $h' = r - r'$ - высота деформирующего элемента ролика;
- K - число деформирующих элементов по периметру ролика;
- K' - число рядов деформирующих элементов в накатнике;
- S_k - круговой шаг микронеровностей;
- S_o - осевой шаг микронеровностей;
- S - осевая подача накатника;
- H - высота корпуса.

Геометрические параметры деформирующего ролика приведены на рисунке 4.

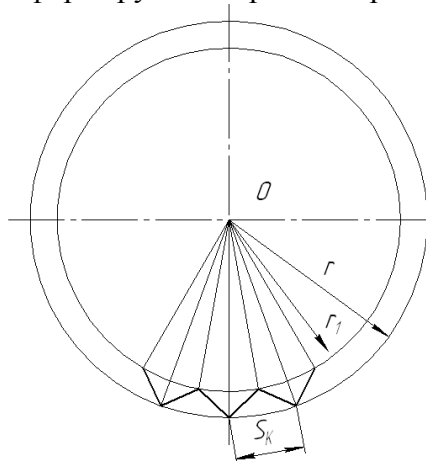


Рисунок 4 - Геометрические параметры ролика.

При вращении накатника вокруг своей оси и равномерном перемещении вдоль оси с подачей S каждый деформирующий элемент ролика будет описывать на внутренней поверхности охватывающего элемента соединения винтовую линию с радиусом R и шагом, равным величине осевой подачи S . Если развернуть внутреннюю поверхность корпуса на плоскость (рисунок 5), то установившаяся поверхность частично-регулярного микрорельефа будет представлять сетку из траекторий единичных впадин при прямом и обратном ходе накатника. Рассмотрев единичную ячейку сетки микрорельефа (рисунок 6), после преобразования получим:

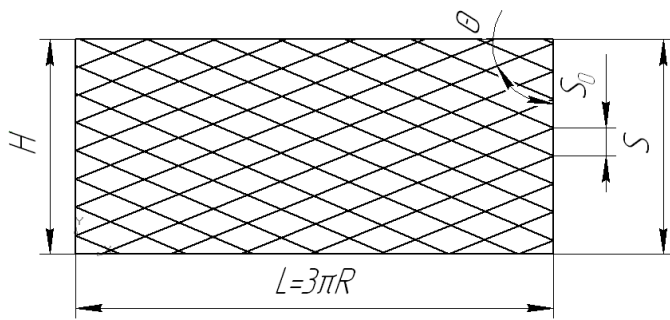


Рисунок 5 - Развертка поверхности отверстия корпуса.

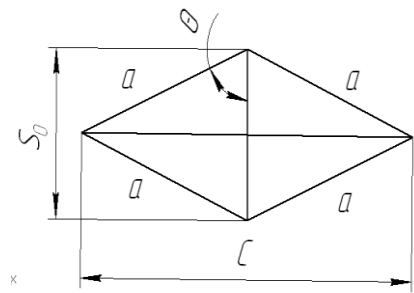


Рисунок 6 - Единичная ячейка сетки микрорельефа.

Общая площадь, занимаемая регулярными неровностями с учетом (3):

$$S_{\text{нр}} = \frac{L \cdot H}{\cos \theta} \quad (4)$$

Увеличение несущей способности неподвижного соединения за счет шпоночного эффекта при условии полного заполнения микропрофиля определяется напряжениями смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_{\text{ос}}^{\text{ун}}}{F_H} \quad (5);$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{M_{\text{кр}}^{\text{ун}}}{F_H 2R} \quad (6)$$

Задаваясь допустимыми напряжениями смятия $[\sigma_{\text{см}}]$, для материала втулки определяем величину осевой сдвигающей силы $P_{\text{ос}}^{\text{ун}}$ и момента проворота $M_{\text{кр}}^{\text{ун}}$, которые увеличивают несущую способность соединения за счет шпоночного эффекта.

Заменив r в уравнении 4 на $(mR+h)$ из выражения 2, получаем:

$$M_{\text{кр}}^{\text{ун}} = \sigma_{\text{см}} 2R H \quad (7)$$

Соответственно

$$M_{\text{кр}}^{\text{ун}} = \sigma_{\text{см}} 2R H \quad (8)$$

Таким образом, на повышение несущей способности неподвижного соединения наибольшее влияние оказывают следующие параметры микропрофиля: круговой шаг расположения деформирующих элементов, осевой шаг, угол направления неровностей, глубина профиля, площадь, занимаемая неровностями.

Эти параметры, в свою очередь, определяются физико-механическими свойствами элементов соединения $[\sigma_{\text{см}}]$ и $h=f(HV, \sigma_B)$, размерами соединения R и H , геометрическими параметрами накатника K , m и технологическими факторами процесса накатывания S и n (косвенно через h).

ИЗНАШИВАНИЕ РАБОЧИХ УЧАСТКОВ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Баранова Ю.А. - студентка, Быкова О.В. – студентка, Баранов А.В. – к.т.н., доцент,
Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Наиболее распространенными видами разрушения поверхностей трения зубчатых колес являются контактное усталостное выкрашивание и износ. Расчет зубьев на контактную прочность в настоящее время хорошо известен, в то время как надежный расчет зубьев за истирание, вследствие весьма большой сложности протекающих физико-химических процессов и многообразия факторов, влияющих на износ, в литературе отсутствует. Разработанный нами метод расчета на износ обладает широкой физической информативностью и может быть использован применительно к прямозубым цилиндрическим передачам.

Рассматривая расчет элементов профиля зубчатых передач на износ, исходя из закона окислительного изнашивания, как наиболее типичного для данной кинематической пары, создана модель изнашивания локальных элементов рабочих поверхностей зубчатых передач. Теоретическими основами процесса механохимического изнашивания явились результаты исследований, проведенные нами ранее [1], с соответствующей адаптацией к условиям работы исследуемой пары.

В результате исследований получены соотношения для определения скоростей изнашивания различных точек профилей зубьев с различным уровнем допущений. Наиболее грубым решением явилось соотношение

$$\gamma_{ш,к} = 2,25 J_{ш,к} \sqrt{\omega'_H \theta \rho_{пр}} \cdot \frac{V_{Sш,к}}{V_{Fш,к}} \cdot \frac{\omega_{ш,к}}{2\pi}, \quad (1)$$

где $\rho_{пр}$ - приведенный радиус кривизны в точке контакта зубьев; ω'_H - расчетная нагрузка Н/м; J – интенсивность изнашивания элементов сопряжения, определяемое зависимостью $J = 2.5 \mu n k_c C_0 \theta^{\nu} p_a^{\nu+1} \rho^{-1}$,

известной как формула Ю.Н.Дроздова [4,5] и полученное совершенно другим путем. Заметим, однако, что задача количественного определения интенсивности изнашивания, входящее в формулу (1) этим автором, в отличие от наших решений, не ставилась и не решалась.

Таким образом, полученные расчетные зависимости изнашивания материалов зубчатых колес, имеющие высокую информативность представленные в трех уровнях точности, могут быть использованы в качестве элементных законов изнашивания сопряжений пары зубчатых колес.

Литература:

1. Баранов, А.В. Описание процессов механохимического изнашивания / А.В. Баранов, В.А. Вагнер // Ползуновский вестник.- 2005.-№2.- С.50-54.
2. Баранов, А.В. Метод прогнозирования и способы повышения ресурса изнашивающихся подвижных сопряжений деталей машин: Дис.канд.техн.наук. – Л.: ЛПИ, 1988. – 175 с.
3. Дроздов Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник / В.Г Павлов, В.Н. Пучков - М.: Машиностроение., 1986. – 224 с.
4. Дроздов Ю.Н. К разработке методики расчета на изнашивание и моделирование трения //Износостойкость. – М.: Наука, 1975. С.120 -135.

ПРОБЛЕМА ИЗНАШИВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Баранова Ю.А. - студентка, Пономарева А.Н. – студентка, Баранов А.В.– к.т.н., доцент.,
Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Создание расчетных методов прогнозирования и способов повышения долговечности узлов трения представляется весьма актуальной задачей, тем более, что здесь практически отсутствуют справочные рекомендации. В общем случае ресурс узлов трения по износу определяется из соотношения

$$T_{\tau} = \frac{[h]}{JVK_{\text{в}}} = \frac{[h]}{\gamma}, \quad (1)$$

где $[h]$ - допустимый износ поверхностей, J - интенсивность изнашивания, V - скорость скольжения, $K_{\text{в}}$ - коэффициент перекрытия, γ - скорость изнашивания.

В настоящем докладе рассматривается возможность оценки износостойкости цилиндрических прямозубых зубчатых передач, основываясь на полученных ранее [1] закономерностях окислительного изнашивания трущихся материалов.

Для определения нагрузок, передаваемых двумя парами зубьев, мы использовали положения теории жесткого изнашивания [2].

Согласно условию совместности изнашивания жестко связанных сопряжений передаваемые каждой парой зубьев нагрузки определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} \gamma_{\text{ш1}} + \gamma_{\text{к1}} = \gamma_{\text{ш2}} + \gamma_{\text{к2}}, \\ \omega'_{\text{н1}} + \omega'_{\text{н2}} = \omega'_{\text{н0}}, \end{cases}$$

где $\gamma_{\text{к1,2}}$, $\gamma_{\text{ш1,2}}$ - соответственно скорости изнашивания поверхностей зубьев шестерни и колеса (индексы 1 и 2 соответствуют первой и второй паре сопряженных элементов, рисунок 1); $\omega'_{\text{н1}}$, $\omega'_{\text{н2}}$ - нагрузки, передаваемые первой и второй парой зубьев соответственно (случай двухпарного зацепления); $\omega'_{\text{н0}}$ - нагрузка, передаваемая парой зубьев при однопарном зацеплении.

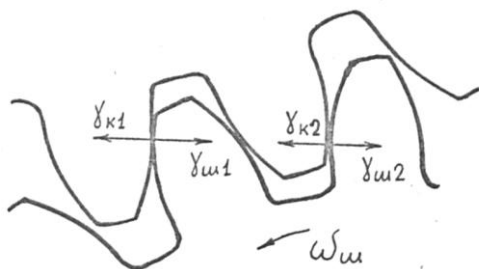
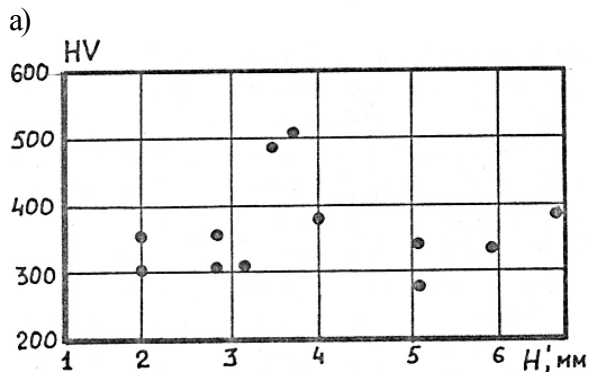
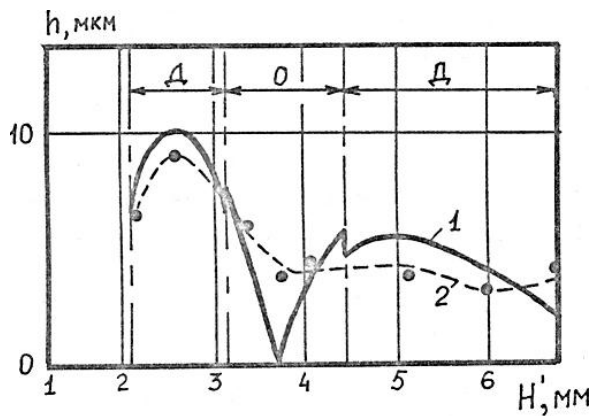


Рисунок 1 – Расчетная схема

Пример программы решения задачи окислительного изнашивания прямозубой цилиндрической зубчатой передачи, алгоритм которой основан на допущении неизменности геометро-кинематических характеристик зацепления в процессе работы (статическая модель), подробно изложен в [1] и в докладе.

На рисунке 2а представлены экспериментальные и теоретические эпюры износа зубьев шестерни прямозубой передачи.



б)
Рисунок 2 – Теоретический (1) и экспериментальный (2) износ (а) и микротвердость (б) рабочей поверхности зуба шестерни в функции высоты зуба. Д – область двухпарного контакта, О – область однопарного зацепления.

На базе анализа многочисленных расчетных данных сформулированы меры по повышению износостойкости зубчатых колес как качественного, так и количественного характера.

Литература:

- Баранов, А.В. Метод прогнозирования и способы повышения ресурса изнашивающих подвижных сопряжений деталей машин / А.В. Баранов.: Диссерт. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. Л., 1988.- 175 с.
Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. М., 1978.- 592 с.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА НА ОСНОВЕ ШАРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

Баськов А.А. – аспирант, Виртц А.С. – студент, Порядин А.С.- инженер,
Ромашев А.Н. – к.т.н., доцент
Бийский технологический институт АлтГТУ

Технологии машиностроительного производства, реализуемые с применением станков с ЧПУ, постоянно совершенствуются. Технологические возможности такого оборудования значительно расширяются, но это незамедлительно сказывается и на стоимости современного оборудования, которая неуклонно увеличивается. Также на мировом рынке появляются различные виды инструмента, стойкость которого обеспечивает работу с интенсивными режимами резания. С другой стороны моральное старение техники происходит относительно быстро.

Уменьшение времени обработки можно обеспечить, увеличивая скорость шпинделя, применяя ускорительные головки. В частности это относится к обработке алюминиевых сплавов, использование которых распространено в различных отраслях промышленности, в том числе и в военной. В данной работе рассматриваются ускорительные головки на основе передач со свободными телами качения. Данные передачи мало изучены и в связи с этим

применение их пока еще ограничено. Но в свою очередь они имеют ряд преимуществ по сравнению с другими передачами: обладают небольшими габаритами независимо от передаточного отношения, простотой в изготовлении, имеют высокую нагрузочную способность, а также наряду с этим высокий КПД.

На рисунке 1 представлен внешний вид ускорительной головки, внутри которой размещен механизм для изменения частоты вращения рабочего шпинделя головки на основе передачи со свободными телами качения.

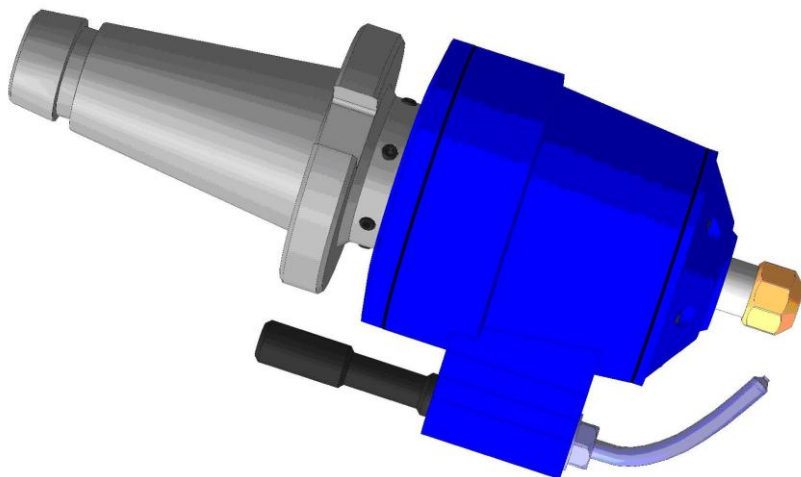


Рисунок 1. Ускорительная головка на основе шариковой передачи

В настоящее время существует большое количество кинематических схем шариковых передач. Для данной конструкции ускорительной головки была выбрана схема с перемещением тел качения, как в осевом, так и в радиальном направлении. Входной вал (рисунок 2) соединяется с конусом 1, в пазах которого расположены шарики 4. Шарики в свою очередь упираются в образующую поверхность дорожки качения, расположенную на диске-кулачке 3. Конус 2, ось которого смещена относительно оси вращения передачи, является выходным элементом.

Крутящий момент от входного вала подается на конус 1, который, вращаясь, заставляет шарики 4 перемещаться одновременно по цилиндрическим пазам, расположенным вдоль образующей боковой поверхности конуса 1, и перекачиваться по поверхности дорожки качения диска-кулачка 3, зафиксированного относительно корпуса головки. Вращение конуса 2 происходит за счет перекачивания шариков по его конической поверхности.

За счет конструктивных особенностей передачи, один полный оборот выходного элемента (конус 2), происходит за $1/n$ оборота входного элемента (конус 1), где n – количество пазов на заторможенном элементе (диск-кулачек 3). Таким образом, в данной конструкции передаточное число будет равно 7.

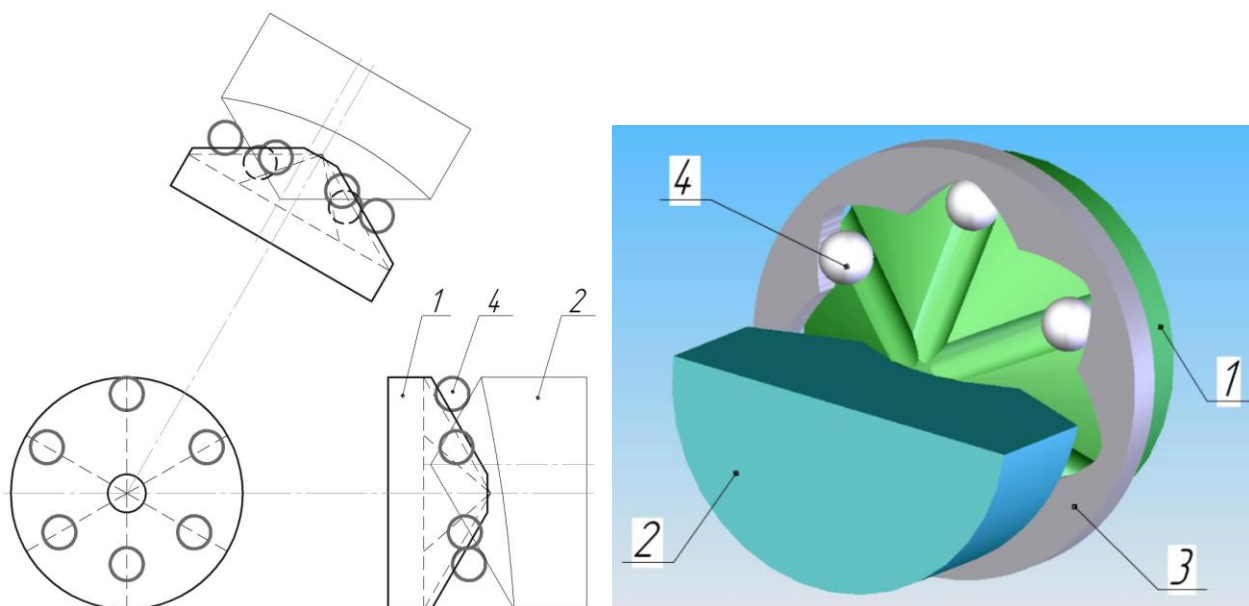


Рисунок 2. Схема и 3D-модель передачи со свободными телами качения, используемой в ускорительной головке

Данная конструкция позволит повысить обороты шпинделя до 10000 об/мин и более, тем самым увеличить производительность обработки и снизить ее себестоимость.

Ускорительная головка основана на преобразовании крутящего момента за счет движения тел качения по различным беговым дорожкам, выполненным на соответствующих звеньях ее конструкции.

Ускорительная головка обладает компактностью, легкостью и надежностью.

В передаче с телами качения отсутствует изгибная нагрузка, как например в зубчатой, что в значительной степени влияет на нагрузочную способность звеньев конструкции.

Рабочими звеньями конструкции являются два элемента с наружными рабочими поверхностями (два конуса) и диск-кулачек с внутренней рабочей поверхностью, получение которых на станках с ЧПУ не составит особых трудностей, поэтому для изготовления указанных деталей не требуется специального оборудования.

По сравнению с аналогичными конструкциями на основе планетарной зубчатой передачи, к которой предъявляются высокие требования по точности в связи с небольшими габаритами, себестоимость ускорительной головки данного типа значительно ниже. Количество точностных параметров, предъявляемых к размерам кулачков значительно меньше, чем у зубчатой, и в особенности планетарной передачи.

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ БЛОКОВ МОДУЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ НА ОСНОВЕ ПЕРЕДАЧИ СО СВОБОДНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Беломыщев В.В. – аспирант, Плешивцев А.Ю. – студент, Ромашев А.Н. – к.т.н., доцент
Бийский технологический институт АлтГТУ

Работы в области совершенствования конструкции и улучшения характеристик модульных систем инструментальной техники в настоящее время остаются актуальными. В связи с этим кафедра МРСИИ Бийского технологического института АлтГТУ продолжает выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в данном направлении. Результатом очередного этапа этой работы служит конструкция соединительного элемента на основе механической передачи со свободными телами качения.

Предлагаемая конструкция включает ряд элементов: корпус 1, предназначенный для размещения в гнездо револьверной головки и для базирования в нем других конструктивных элементов оснастки; центрирующую втулку 2, предназначенную для центрирования

сменного модуля относительно корпуса; инструментальный модуль 3, установленный в коническом отверстии центрирующей втулки; тягу 4, имеющую наклонные прорези для закрепления инструментального модуля. Зажимной узел включает в себя пазы на хвостовике сменного инструментального модуля 3 и в корпусе 1, тягу 4, пакет тарельчатых пружин 5 и шарики (рисунок 1).

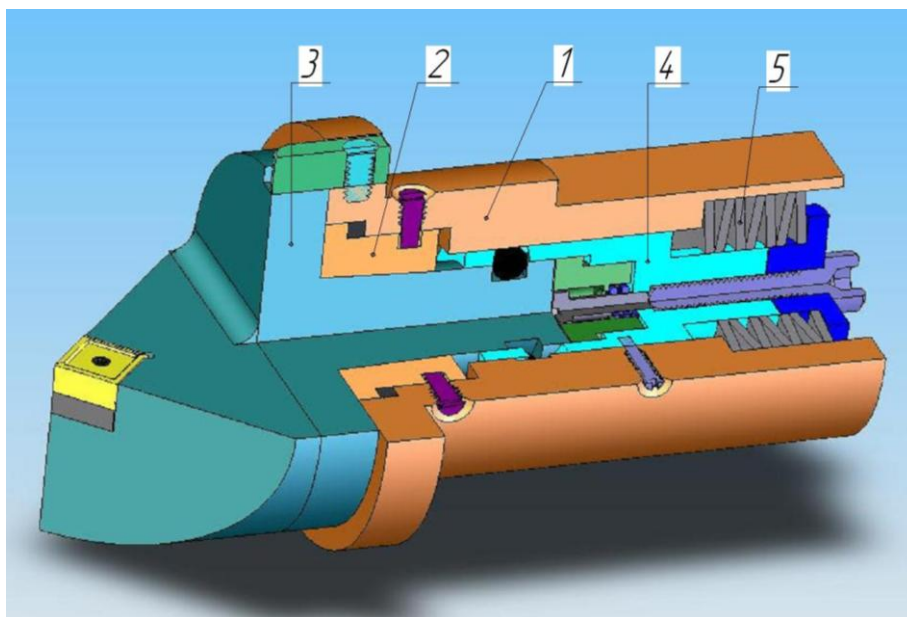


Рисунок 1. Конструкция модульной инструментальной оснастки

При расчете прочностных характеристик модульной инструментальной оснастки нагружение производилось двумя силами: силой резания $P_z = 6095$ (Н) и силой закрепления сменного модуля, которая равна силе, создаваемой пакетом тарельчатых пружин $F_{\text{общ}} = 22$ (кН).

Закрепление произведено по наружной цилиндрической и торцевой поверхностям корпуса. Наложены контактные ограничения для всех деталей сборки. Материалом для базовых деталей оснастки была выбрана сталь 45, а для шариков – ШХ15.

Были приняты некоторые допущения: на резцовой головке отсутствует режущая пластина, сила закрепления сменного модуля прикладывается к цилиндрической поверхности тяги, на 3D-модели не показаны мелкие и крепежные детали, которые в наименьшей степени воспринимают действующие нагрузки.

В результате расчетов были получены следующие результаты: общая деформация не превышает значения в 0,0388 мм (рисунок 2), максимальные эквивалентные напряжения достигают значения в 220,6 МПа (рисунок 3), эквивалентная упругая деформация достигает 0,00217 мм/мм (рисунок 4).

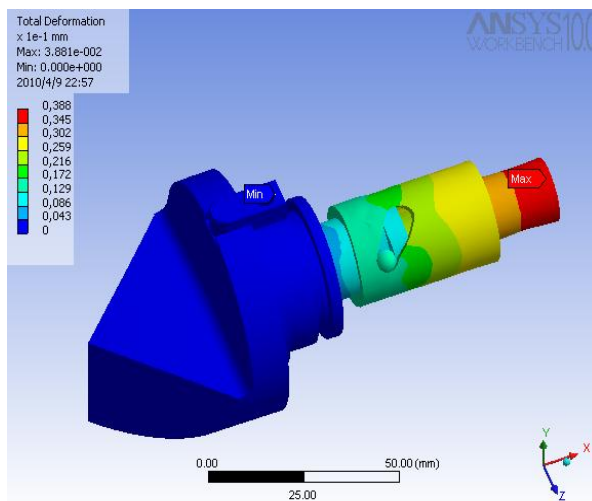


Рисунок 2. Общая деформация

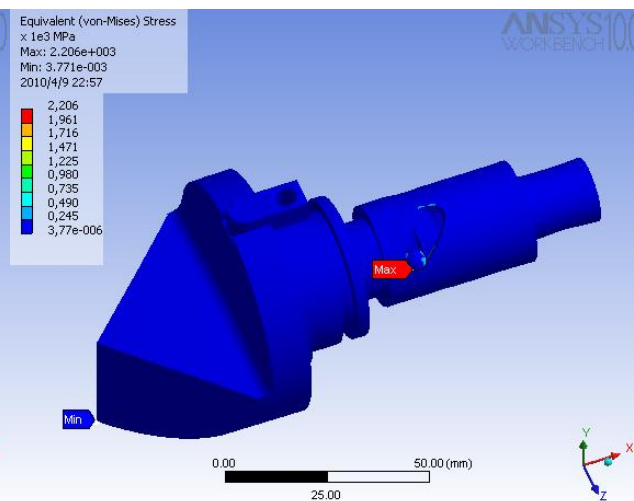


Рисунок 3. Максимальные эквивалентные напряжения

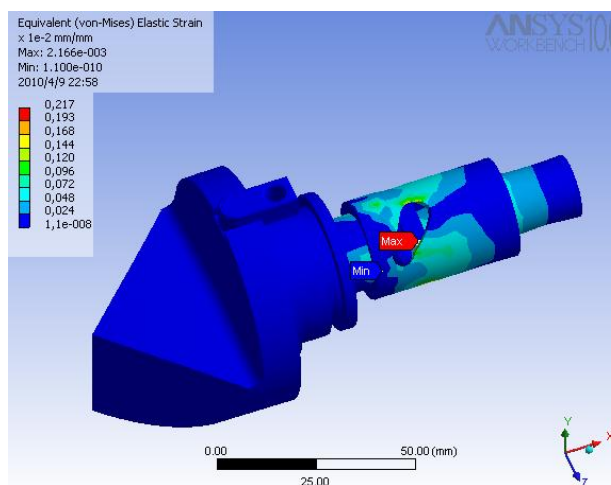


Рисунок 4. Эквивалентная упругая деформация

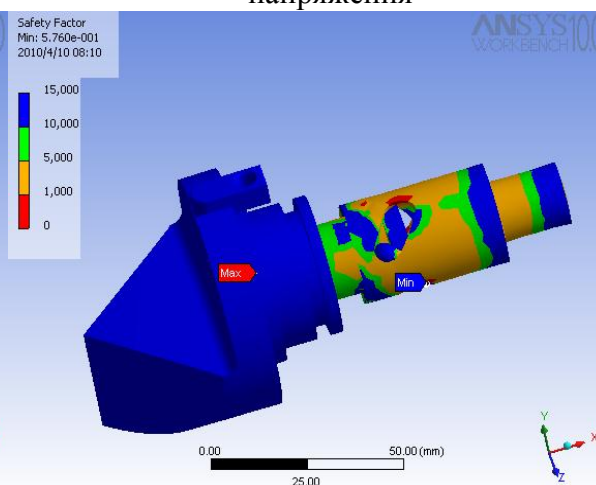


Рисунок 5. Запас прочности

Как видно эквивалентные напряжения не превышают предельно допустимые значения для стали 45 в 680 МПа. Корпус модульной оснастки не показан на рисунках, так как нагрузки на него незначительны по сравнению с показанными деталями.

На рисунке 5 показан запас прочности для деталей модульной инструментальной оснастки. Видно, что минимальный запас прочности имеет тяга на краях прорезей. Минимальный запас прочности составляет 0,576. Таким образом, при дальнейших расчетах будет изменяться материал и размеры для тяги, чтобы добиться максимально возможного и целесообразного запаса прочности.

Проведенный расчет показал, что основные детали узла крепления инструментального модуля при данных условиях нагружения испытывают незначительные деформации, которые практически не повлияют на точностные параметры обрабатываемых изделий при использовании представленной конструкции модульной инструментальной оснастки для различных видов механической обработки. Такой вывод сделан на основании того, что используемая для расчетов величина силы резания определялась для условий чернового точения, а сила закрепления всегда остается постоянной.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ШТАМПОВКИ СТЕРЖНЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Дунаев К.Ю. – аспирант, Поксеваткин М.И. – к.т.н., проф., Мамонтов М.С.,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Штамповка стержневых деталей с утолщением на конце с нагревом концевой участка на длине, соответствующей объему утолщения, неизбежно сопровождается образованием заусенца на торце утолщения в результате вытекания металла в зазор между пуансоном и стенкой матрицы. Это является причиной снижения качества деталей, повышения трудоемкости последующей обработки, ускоренного износа инструмента в зоне выхода инструмента [1].

При производстве стержневых деталей нередко осуществляют градиентный (дифференцированный) нагрев заготовок. Однако без обоснованного расчета технологических параметров нагрева, учитывающего теплофизические и механические свойства штампуемого металла, а также особенности индукционного нагрева ТВЧ, не удастся получить удовлетворительных результатов.

Известна аналитическая зависимость для расчета размеров, нагреваемого и ненагреваемого, участков высаживаемой части заготовки [2]:

$$l_x = 1,5 \cdot \theta_T \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot \tau_{ц}}, \quad (1)$$

где l_x - величина смещения нагреваемого участка от торца заготовки, мм;

a - температуропроводность, $\text{м}^2/\text{с}$;

$\theta_T = \frac{t_H - t_T}{t_H}$ - температурный параметр;

t_H - температура нагреваемой части заготовки, $^{\circ}\text{C}$;

t_T - температура нагрева торца заготовки в результате теплопередачи за время $\tau_{ц}$, $^{\circ}\text{C}$;

$\tau_{ц} = \tau_H + \tau_T$ - время цикла штамповки, включающее время нагрева τ_H и время транспортировки и вылежки заготовки до момента штамповки τ_T , $^{\circ}\text{C}$.

Температуру нагреваемой части заготовки можно выразить соотношением:

$$\tau_H = c \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{l_b}{W_H} \cdot (t_H - t_o) \approx c \cdot \frac{M}{W_H} \cdot (t_H - t_o). \quad (2)$$

Здесь c – теплоемкость стали в интервале температур от $t_o = 20^{\circ}\text{C}$ до t_H , $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{град}$;

ρ – плотность стали, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$M = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_b \cdot 10^{-9}$, кг – масса утолщения при диаметре заготовки d , мм и длине высаживаемой части l_b , мм;

W_H – мощность нагревателя, кВт.

Расчетная схема нагрева заготовки [2] предполагает одномерное температурное поле торца заготовки с мгновенным прогревом зоны при $l_H > l_x$ до температуры t_H без учета охлаждения заготовки с поверхности.

Температура торца t_T заготовки с учетом ее разогрева за время $\tau_{ц}$ для стальных заготовок диаметром от 20 до 80 мм выбирают в пределах

350...400 $^{\circ}\text{C}$. В этом интервале температур предел прочности стали снижается незначительно, что исключает образование торцового заусенца и обеспечивает удовлетворительную пластичность.

Для повышения точности расчета по формуле (1) проведены экспериментальные исследования с целью определения поправочного коэффициента, учитывающего охлаждение заготовки за время нагрева и транспортировки.

Опыты проводили на стали 45 при диаметре заготовки $d=20$ мм; температура нагрева $t_H = 1100^\circ\text{C}$, $a = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Для проведения опытов приняты соотношения $l_B/l_X = 1,5; 2,5; 4,0$ и $\tau_{Ц}/\tau_H = 1,5; 3,0; 6,0$, которые охватывают диапазон соотношений, наиболее часто встречающихся в практике.

При $l_B = 2,5 \cdot d$ по формуле (2) определили τ_H . Затем, используя приведенные выше соотношения, получены значения $\tau_{Ц}$. Далее по формуле (1) при $t_T = 400^\circ\text{C}$ определили значения l_X , по которым получены величины l_B при условии, что $l_B/d \leq 2,5$.

Исходные данные разбиты на три группы опытов (см. таблицу 1).

Нагрев осуществляли в щелевых индукторах. В каждом опыте с помощью контактной термопары измеряли фактическую температуру торца t_T^ϕ заготовки при соответствующих значениях l_B/l_X ; $\tau_{Ц}/\tau_H$; l_B ; l_H ; τ_H ; $\tau_{Ц}$. Затем рассчитывали фактический температурный параметр θ_T и по формуле (1) определяли уточненное значение длины ненагреваемого участка заготовки l_X^ϕ . Отношения l_X^ϕ/l_X в виде поправочного коэффициента K внесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значение поправочного коэффициента K

№ группы опытов	Значение параметров		$K = l_X^\phi/l_X$
	l_B/l_X	$\tau_{Ц}/\tau_H$	
1	1,5	1,5	0,60
		3,0	0,67
		6,0	0,72
2	2,5	1,5	0,70
		3,0	0,78
		6,0	0,84
3	4,0	1,5	0,75
		3,0	0,84
		6,0	0,90

В результате аппроксимации значений поправочного коэффициента найдена функция, удовлетворительно описывающая изменение коэффициента в зависимости от соотношений l_B/l_X и $\tau_{Ц}/\tau_H$:

$$K = \left(\tau_{Ц}/\tau_H \right)^\alpha \cdot \left(l_B/l_X \right)^\beta, \quad (3)$$

где $\alpha = \ln 0,87 - \tau_H/\tau_{Ц}$,

$$\beta = 1/l_B/l_X.$$

Тогда уточненная длина ненагреваемого участка заготовки выразится формулой:

$$l_X^\phi = K \cdot l_X \quad (4)$$

Результаты работы реализованы программой, с использованием которой произведены расчеты и построены графические зависимости – $K = f(\tau_{Ц}/\tau_H; l_B/l_X)$.

Использование полученных зависимостей позволило заметно улучшить качество болтов, получаемых высадкой.

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа экспериментальных данных получена аппроксимирующая функция для расчета поправочного коэффициента, позволяющая повысить точность определения длины ненагреваемого участка заготовки.
2. Разработана методика расчета длины ненагреваемого участка заготовки при штамповке деталей с утолщением.
3. Использование уточненной формулы при градиентном нагреве заготовок позволяет заметно улучшить качество стержневых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. – М. Машиностроение, 1976.-560 с.
2. Авт. Свид. СССР №1316740, кл. 21К 1/74, В21 j 1/04, 1987.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОПЕРЕЧНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Поксеваткин М.И. – к.т.н., проф., Дунаев К.Ю. – аспирант, Мамонтов М.С.,
Копылов А.С. – студент, Обиход Г.И. – студент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При штамповке поковок сложной конфигурации с отрезками, расположенными в плоскости, перпендикулярной к главной оси поковки (поковки типа крестовин) наблюдается большая неравномерность деформации, сопровождаемая образованием застойных зон и встречных потоков металла. Вследствие этого в поковке возникают дефекты в виде складок, зажимов, трещин [1].

Однако поперечное выдавливание в разъемных матрицах является весьма прогрессивным способом штамповки ответственных деталей, изготавливаемых из труднодеформируемых сталей и сплавов, поэтому дальнейшее исследование процесса представляет большой практический интерес.

Для реализации эксперимента сконструирован опытный штамп, представленный на рисунке 1.

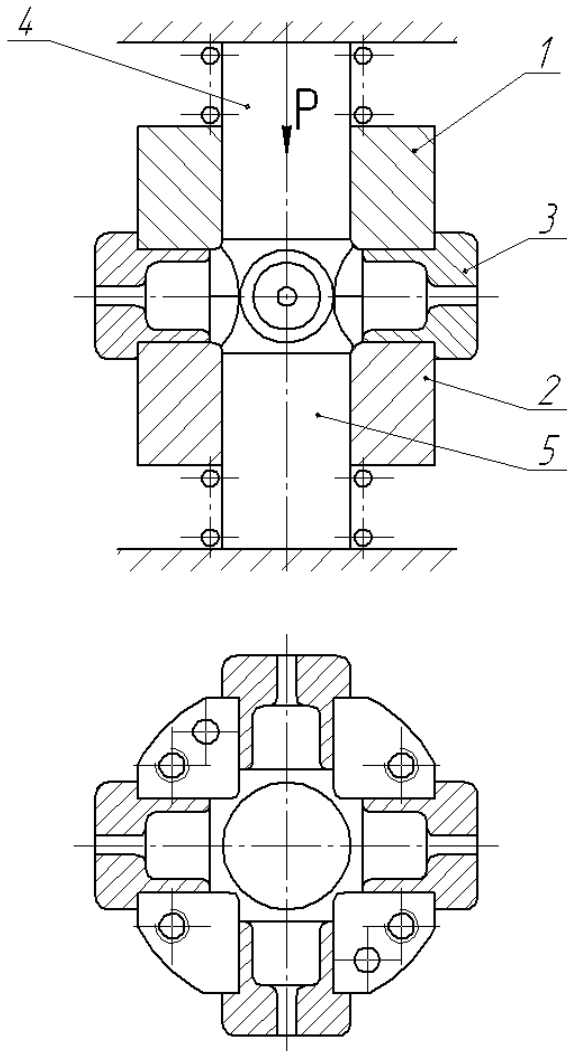


Рисунок 1 – Опытный штамп

Штамп состоит из двух полуматриц 1 и 2 с горизонтальным разъемом, соединенных штифтами и стянутых винтами. В штампе устанавливаются четыре сменные вставки 3, в полостях которых формируются боковые отростки поковки. В верхней полуматрице расположен деформирующий пуансон 4, в нижней – контрпуансон 5.

Изменение размеров вставок позволяет варьировать соотношение площади (F_k) поперечного сечения контейнера к суммарной площади (f_c) поперечных сечений боковых полостей, отношение длины (l_n) боковой полости к ее диаметру (d_n), диаметр компенсационного отверстия (d_k), величину радиусов (r) закруглений между сопрягаемыми поверхностями, шероховатость (Ra) контактируемых с металлом поверхностей инструмента и другие факторы, влияющие на кинематику течения металла и сопротивления деформации при поперечном выдавливании.

Зависимость усилия (P) штамповки от различных факторов может быть представлена в общей форме выражением

$$P = f\left(\frac{F_k}{f_c}, \frac{l_n}{d_n}, \frac{d_n}{d_k}, Ra, r\right). \quad (1)$$

Эту зависимость можно аппроксимировать уравнением регрессии степенного вида

$$P = C \cdot \left(\frac{F_k}{f_c}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{l_n}{d_n}\right)^{\alpha_2} \cdot \left(\frac{d_n}{d_k}\right)^{\alpha_3} \cdot Ra^{\alpha_4} \cdot r^{\alpha_5}, \quad (2)$$

где $C, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ – постоянные величины.

Для оценки коэффициентов полинома полученного после линеаризации уравнения (2), с использованием полуреплики 2^{5-1} требуется поставить 16 опытов. На основании анализа чертежей крестовин, используемых в машиностроении, установлены уровни факторов, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы и их уровни

Факторы	Кодовое обозначение факторов	Уровни факторов		
		верхний	основной	нижний
F_k/f_c	x_1	1,4	1,1	0,8
l_n/d_n	x_2	1,1	0,9	0,7
d_n/d_k	x_3	6,0	4,5	3,0
Ra , мкм	x_4	3,2	2,0	0,8
R , мм	x_5	3,0	2,0	1,0

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрошенко А.П., Федоров В.И. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. – Л.: Машиностроение, 1979. – 287 с.
2. Способ штамповки поковок типа крестовин. Патент РФ, 20.04.2001. Бюл №11. Осколков А.И., Максимов А.А., Поксеваткин М.И. и др.
3. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. – 184с.

МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ШТАМПОВКИ СТЕРЖНЕВЫХ ПОКОВОК ИЗ ДЛИННОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК

Поксеваткин М.И.– к.т.н., проф., Дунаев К.Ю. – аспирант, Поксеваткин Д.М. – к.т.н.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При штамповке изделий из длинномерных заготовок с относительной длиной высаживаемой части заготовки, превышающей допустимую по условию продольной устойчивости, вначале выполняют набор металла в утолщение высадкой на ограниченный диаметр в конической полости пуансона, что сопровождается искажением симметричности волокнистого строения металла в утолщении. В результате снижается производительность процесса штамповки и качество изделий [1].

Согласно способу [2] изготовления изделий из длинномерных заготовок с относительной длиной высаживаемой части заготовки, превышающей допустимую по условию продольной устойчивости, осуществляют посредством последовательного включения в пластическую деформацию объемов металла в условии полной соосности деформирующего пуансона 1, заготовки 2, разъемной матрицы 3 и подвижной направляющей втулки 4 (рис. 1).

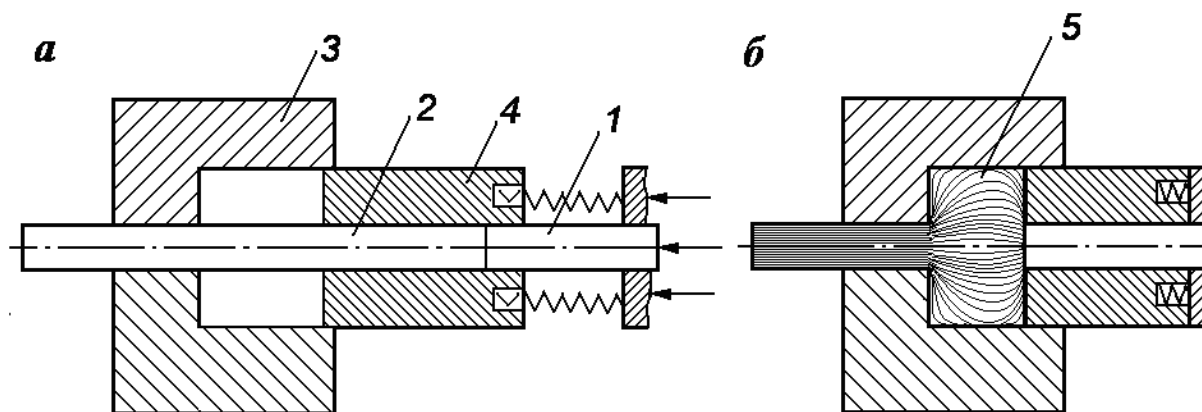


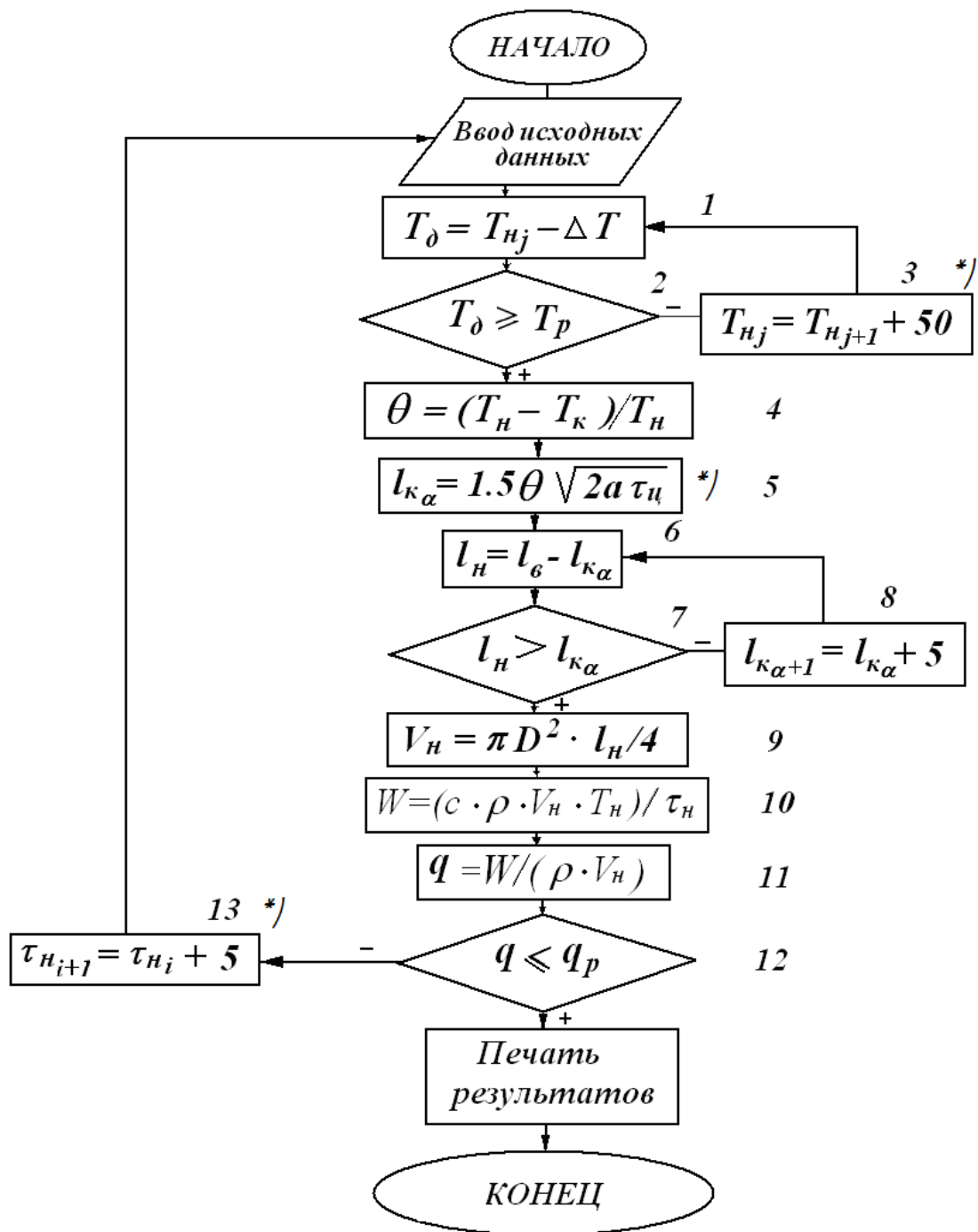
Рисунок 1 – Схема однопереходной штамповки стержневых поковок из длинномерных заготовок: исходное (а) и конечное (б) положения объектов штампа

Для реализации способа предварительно нагретую заготовку 2 закрепляют в разъемной матрице 3, оставляя свободной высаживаемую часть (l_6). При этом нагретую до максимальной ковочной температуры часть (l_n) заготовки 2, не превышающую допустимую по условию продольной устойчивости, размещают в полости матрицы 3, а концевую часть (l_k) заготовки, нагретую до минимальной ковочной температуры за счет теплопередачи, и пуансон 1 устанавливают в подвижной направляющей втулке 4, сцентрированной с матрицей 3 (рис.1, а).

Способ обеспечивает повышение качества поковок за счет получения симметричного волокнистого строения металла в утолщении и производительности процесса, так как набор металла в утолщении и формирование изделия 5 осуществляют за один переход (рис.1, б) [2].

Процесс минимизации энергоемкости штамповки изделий из длинномерных заготовок может быть представлен в виде алгоритма оптимизации (рис.2).

В самом начале алгоритма вводят исходную информацию: H_n, D_n, V_n - соответственно высота, диаметр и объем поковки, D и L - диаметр и длина заготовки; a, c и ρ - температуропроводность, удельная теплоёмкость и плотность металла при температурах нагрева заготовки; T_n, T_k и T_p - соответственно температура нагрева участка l_n , температура торца концевой части l_k заготовки и температура рекристаллизации металла; z_m и q_p - соответственно темп штамповки и регламентируемый удельный расход электроэнергии. Предварительно определяют механические показатели и выбирают из таблицы [1] время (τ_n) нагрева заготовки.



*)
 $i=1, \dots, n$ – норма временных отрезков нагрева;
 $j=1, \dots, t$ – номера температур нагрева металла;
 $\alpha=1, \dots, k$ – номера концевых участков заготовок.

Рисунок 2 – Алгоритм оптимизации термомеханических параметров штамповки стержневых поковок из длинномерных заготовок

Далее осуществляют саму процедуру минимизации энергоемкости процесса штамповки с использованием дифференцированного нагрева стержневых заготовок [3,4]. Для этого в блоке 1 находят фактическую температуру деформации (T_δ) металла и сравнивают её с температурой рекристаллизации T_p (блок 2). Если условие блока 2 не выполняется, то

температуру нагрева θ_n заготовки увеличивают на температурный шаг (50°C) (блок 3) и пересчитывают температуру T_θ (блок 1).

После выполнения условия блока 2 определяют температурный параметр θ (блок 4) [5]:

$$\theta = \frac{T_n - T_k}{T_n} \cdot T_n. \quad (1)$$

В результате выполнения теплофизических расчетов с точностью до 10% в диапазоне $0,56 < \theta < 0,83$ величину (l_k) конечного участка заготовки, нагреваемого за счет теплоотдачи до температуры $T_k = 350 \div 450^\circ\text{C}$, можно определить по простой аппроксимации [3]:

$$l_\theta = 1,5\theta \sqrt{2a\tau_n} \quad (\text{блок 2.5}). \quad (2)$$

В блоке 6 находят величину l_n и проверяют условие $l_n > l_k$ (блок 7), при котором получено выражение (2) [3]. Если условие 7 не выполняется, то следует сократить участок l_k на шаговый параметр 5мм (блок 8) и пересчитать величину l_n (блок 6). Затем определяют объем (V_n) нагреваемого участка l_n (блок 9), мощность индуктора (W) (блок 10) и удельную мощность индуктора q (блок 11). Если q превышает регламентируемую удельную мощность q_p (блок 12) [1] то необходимо, варьируя временным шагом τ_n (5с) (блок 13), добиться выполнения условия блока 12.

В итоге получают оптимальные термомеханические параметры штамповки с минимальными показателями энергозатрат.

Вывод:

Разработан оптимизационный алгоритм, минимизирующий энергоемкость процесса штамповки; алгоритм реализован компьютерной программой, которая успешно опробована.

Список литературы

Ковка и штамповка. Справочник /А.П. Атрошенко, Н.С. Зиновьев, М.А. Крючков и др. под ред. Е.И. Семенова.-М: Машиностроение, 1986.- 592с.

Патент 2365459 РФ, МПК В 21j5/08;13/02. Способ изготовления изделий из длинномерных заготовок (авторы: М.И. Поксеваткин, Г.А Овчаров, Д.М. Поксеваткин и др.

А.С. 1316740 СССР, МКИ В21 К1/74; j1/04. Способ изготовления деталей (авторы: А.И. Осколков, М.И. Поксеваткин, Е.М. Пузырев).

Поксеваткин М.И., Осколков А.И., Мамонтов М.С. и Дунаев К.Ю. Определение параметров дифференцированного нагрева стержневых заготовок//КШП, ОМД. 2009, №7. С. 30-32.

Пехович А.И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. Л.: Энергия 1976.- 215с.

ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ДЕТАЛИ

Штильников А.А. – аспирант, Дунаев К.Ю. – аспирант, Поксеваткин М.И. – к.т.н., проф.,
Мамонтов М.С.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При разработке технологического процесса горячей объемной штамповки необходимо оценивать экономическую эффективность возможных вариантов технологии изготовления поковок, обеспечивающих минимизацию технологической стоимости детали.

В качестве показателей эффективности применяют: минимум стоимостных затрат; минимум трудоемкости производства поковок и последующей механической обработки; равномерность загрузки оборудования и другие критерии.

При сравнении вариантов технологических процессов целесообразно анализировать только те затраты, которые непосредственно связаны с изменением параметров технологии изготовления поковки, т.е. затраты, составляющие так называемую технологическую себестоимость (C_T):

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где m – число учетных затрат, C_i – элементы удельных затрат; X_1, X_2, \dots, X_n – технологические параметры.

При сравнении вариантов технологического процесса штамповки конкретной поковки необходимо учитывать затраты на последующую механическую обработку детали, зависящие от изменения конфигурации и точности поковок.

Следует учесть, что затраты на металл достигают 60÷80% от себестоимости поковок, увеличение же производительности труда при штамповке на 25% снижает себестоимость поковок только на 7,5%.

Целевая функция математико-экономической модели имеет вид:

$$C_T = (Z_M + Z_p + Z_j + Z_{об} + Z_{ЭН} + Z_{МО}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Z_M – удельные затраты на металл; Z_p – заработная плата производственных рабочих, отнесенная к изготовлению одной поковки; Z_j и $Z_{об}$ – удельные затраты соответственно на штамповую оснастку и на амортизацию оборудования; $Z_{ЭН}$ – удельные затраты на электроэнергию; $Z_{МО}$ – удельные затраты на механическую обработку поковки.

Для минимизации технологической себестоимости детали разработан обобщенный алгоритм, блок-схема которого показана на рис.1.

Алгоритм состоит из трех модулей.

В первом модуле (М1) определяют условную технологическую себестоимость производства поковки (C_j^n). Важной составляющей C_j^n являются затраты на металл, непосредственно связанные с оптимизацией выбора компенсационного устройства (КУ) штампа:

$$V_{3j} = V_d + V_{омxj}; \quad (3)$$

где V_d – объем металла детали; $V_{омxj} = V_{npj} + V_{Hj} + V_{избj}$ – объем отходов металла.

Здесь $V_{npj}, V_{Hj}, V_{избj}$ – объемы металла соответственно припуска, напуска и избытка; $j = 1, \dots, k$ – номер КУ; k – количество КУ в выборке.

Во втором модуле (М2) рассчитывают себестоимость механической обработки (C_j^{MO}) поковки, связанную с годовой массой отходов ($M_j^{омx}$) металла и трудоемкостью механической обработки (t_j^{MO}).

В третьем модуле (М3) осуществляют поиск КУ, обеспечивающего минимальную технологическую себестоимость детали (C_j^o).

Обобщенный оптимизационный алгоритм позволяет минимизировать технологическую себестоимость детали при условии повышенного ее качества.

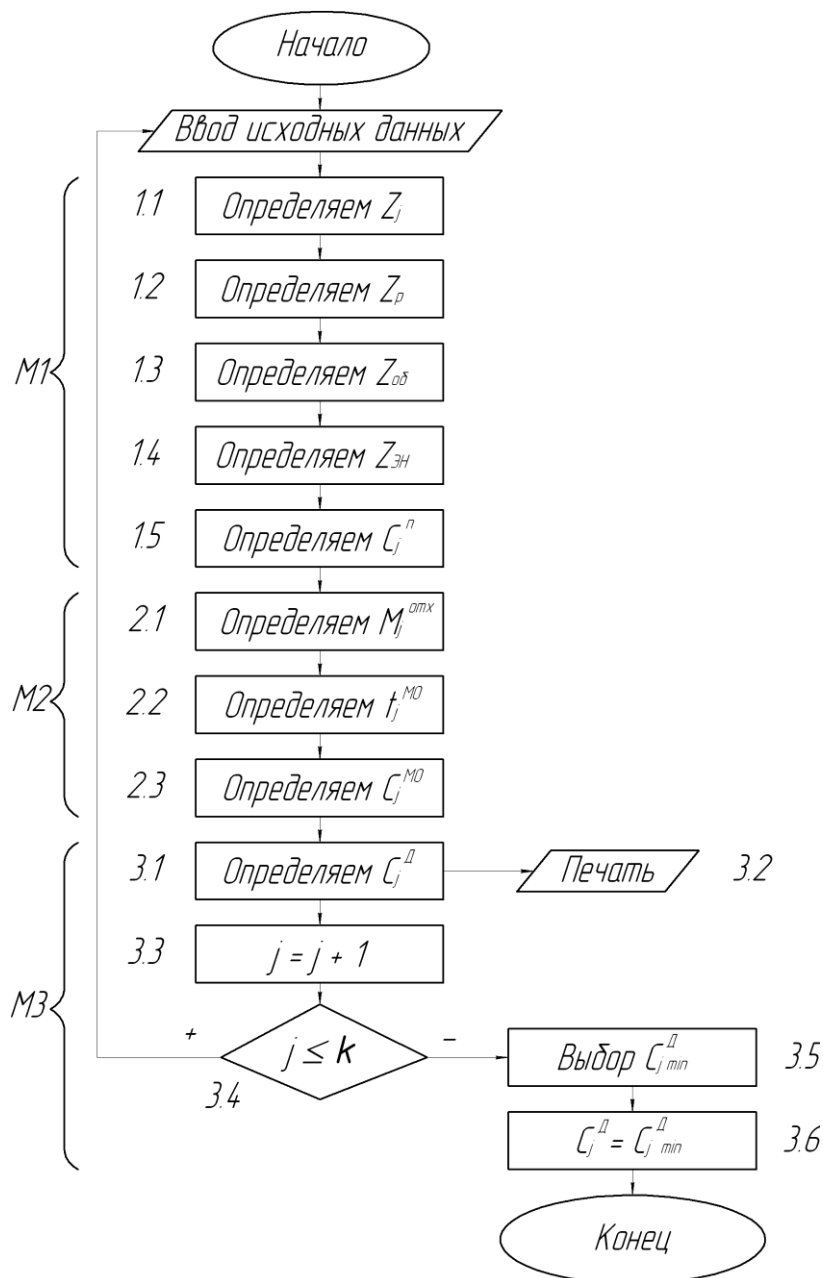


Рисунок 1 – Блок-схема обобщенного алгоритма технологической себестоимости детали

ШТАМП ДЛЯ ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКИ

Поксеваткин М.И. – к.т.н., проф., Дунаев К.Ю. – аспирант, Штильников А.А. – аспирант Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из простых и надежных способов компенсации избытка металла при закрытой штамповки является использование упругой деформации матричной стенки штампа. С этой целью разработан штамп для горячей штамповки, содержащий верхнюю и нижнюю части и подпружиненное кольцо, размещающееся в верхней части. При этом поверхность ручья нижней части штампа выполняется плоской с возможностью прогиба ее срединной области в пределах допуска закрытой высоты полости штампа, что обеспечивает компенсацию избытка металла при колебании объема заготовки за счет увеличения толщины штампуемой поковки. Это позволяет избежать выхода излишков металла в зазоры между контактными поверхностями верхней и нижней частей штампа и подвижного кольца, тем самым позволяя исключить образование заусенцев и перегрузку штампа, уменьшить износ штампа и в результате повысить качество поковок и стойкость штампа [1].

На рис.1, а показано положение в момент контакта верхней части с исходной заготовкой; на рис.1, б – конечное положение штампа.

Штамп состоит из верхней 1 и нижней 2 частей с выполненными на их внутренних рабочих поверхностях ручьями, причем поверхность ручья нижней 2 части штампа, на которой размещается исходная заготовка 3, выполнена плоской, а нижняя 2 часть штампа выполнена в виде упругого элемента, состоящего из корпуса 4 и стенки 5 ручья, представляющей собой упругую пластину с заземленным контуром [1] и имеющего возможность прогиба средней поверхности ручья в пределах допуска закрытой высоты полости штампа (рис.1 а, б).

На верхней 1 части штампа закреплены цилиндрические направляющие колонки 6 с установленным на них кольцом 7, которое в исходном положении штампа за счет пружин 8 прижимается к головкам 9 колонок 6 (рис.1, а). При закрытом положении штампа (рис.1, б) кольца 7 фиксируются по цилиндрическому выступу 10, выполненному на нижней 2 части штампа, и вместе с верхней 1 и нижней 2 частями штампа образует замкнутую полость, соответствующую конфигурации поковки 11 (рис.1, б). В отверстии верхней 1 части штампа размещен выталкиватель 12.

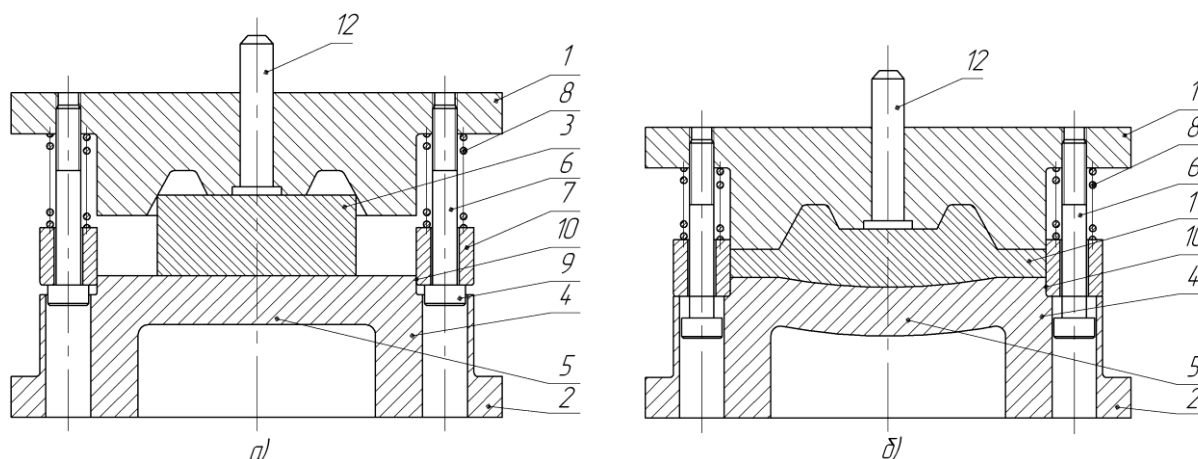


Рисунок 1 – Схема штампа для горячей штамповки

Штамп работает следующим образом. Нагретая заготовка 3 устанавливается на плоскую поверхность ручья нижней 2 части штампа (рис.1, а). При рабочем ходе ползуна пресса кольцо 7 опускается, заходит в цилиндрический выступ 10 нижней 2 части штампа и образует замкнутую полость, в которой формируется поковка 11 (рис.1, б). После формирования поковки 11 (рис.1, б) в полости штампа возникают напряжения, достигающие напряжений упругой деформации стенки 5 ручья нижней 2 части штампа. В результате срединная поверхность ручья прогибается в пределах допуска закрытой высоты полости штампа, компенсируя излишки металла при колебании объема исходной заготовки 3. При обратном ходе ползуна пресса поковка 11 выталкивается из ручья верхней 1 части штампа выталкивателем 12.

Штамп позволяет минимизировать избыток металла до 2-5% от объема заготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2346783 С2. Опубликовано 20.02.2009 Бюл. №5. Штамп для горячей объемной штамповки осе симметричных поковок с одним плоским торцом. Поксеваткин М.И., Овчаров Г.А., Штильников А.А., Поксеваткин Д.М.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Вдовин А.В. – аспирант кафедры МРСиИ, Фирсов А.М. – к.т.н., доцент
Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ (г. Бийск)

На машиностроительных предприятиях ежегодно возрастает доля станков типа обрабатывающий центр. Их внедрение направлено на дальнейшее повышение качества выпускаемой продукции и предполагает переход к частичной или полной «безлюдной технологии». Одним из основных препятствий в реализации таких технологий является отсутствие надёжного метода слежения за качеством поверхностного слоя непосредственно в процессе изготовления деталей [1]. Поэтому проблема создания надёжного аппарата технологического диагностирования качества поверхности в процессе обработки на прогрессивном и перспективном оборудовании, является актуальной.

Существующие методы контроля состояния поверхностного слоя деталей позволяют оценить параметры его качества только в лабораторных условиях; т. е. после окончания обработки. Недостатки данных методов, несмотря на их точность, очевидны, так как они исключают возможность построения автоматизированных систем активного контроля качества с целью обеспечения заданных параметров физико-механического состояния поверхности обрабатываемой заготовки.

Эффективность диагностики процесса резания целиком и полностью определяется информативностью используемых параметров, их зависимостью от условий обработки. Традиционное использование для этой цели силы и температуры резания в ряде случаев оказывается неприемлемым или недостаточно информативным и адекватным. Поэтому в последние годы все большее внимание специалистов привлекает перспектива акустической диагностики процесса резания.

Физические принципы метода АЭ связаны с основными процессами структурообразования обрабатываемого материала и представляют собой высокочастотные волны упругой деформации, которые генерируются в зоне резания. Параметры данных волновых процессов непосредственно отражают энергетическую картину резания, зависят от ее изменений и могут быть зарегистрированы соответствующей измерительной аппаратурой.

Активная роль волн упругой деформации, генерируемых в зоне резания, должна проявляться в процессах формирования качества поверхностного слоя [3], т. е. путем влияния на напряженно-деформированное состояние обрабатываемой поверхности, ее микрорельеф и структурно-фазовый состав. Появляется реальная перспектива надёжной оценки параметров качества непосредственно в процессе их формирования путем анализа сигналов АЭ, несущих однозначную информацию об условиях протекания волновых явлений в зоне резания.

Основной целью работы является практическое установление зависимости сигнала АЭ и качества получаемой поверхности. Для этого предполагается выяснить, наблюдается ли корреляция между изменением параметров резания и параметрами акустической эмиссии.

Очевидно, что помимо экспериментального изучения зависимостей между параметрами акустической эмиссии и режимами обработки, целесообразно проводить компьютерное моделирование этих явлений, поскольку оно дает возможность изучать эти сложные процессы непосредственно в динамике.

Положительный ответ на этот вопрос позволит в будущем создать эффективные диагностические приборы, которые с успехом могут быть использованы при создании перспективных систем адаптивного управления резанием. В основе использования метода АЭ при адаптивном управлении резанием должен находиться принцип "энергетического коридора", который сводится к необходимости поддерживать в заданных пределах величину энергии АЭ, что будет определять соответствие требуемым выходным параметрам обработки.

Получение непрерывной или в режиме опроса информации о ходе технологического процесса резания может обеспечить построение математических моделей "аварийных ситуаций", например поломок инструмента, его выкрашивания. Причем, по мере накопления информации, путем обучения управляющей системы эти модели совершенствуются и в конечном счете позволяют разрабатывать в автоматическом режиме или с помощью внешних устройств "образ аварийной ситуации" - такого сочетания информативных параметров технологического процесса, которое адекватно свидетельствует о выходе параметров готовой продукции за пределы допуска. Распознавание образа аварийной ситуации создает предпосылки для прогнозирования нерасчетных условий обработки и, как следствие, обеспечивает принятие соответствующего решения на его устранение либо в автоматическом цикле, либо с участием человека [2].

Практическое значение такого подхода к обеспечению надежности функционирования технологических процессов механической обработки трудно переоценить, так как позволяет совместить в себе принципы обработки, учитывающие индивидуальности процесса резания каждой конкретной заготовки, и массовости или серийности выпускаемой продукции. В будущем это может быть широко использовано на роботизированных технологических комплексах и заводах-автоматах в условиях безлюдной или малолюдной технологии.

Для проверки возможной зависимости планируется проведение ряда экспериментов, для чего был спроектирован и изготовлен пьезоэлектрический датчик, предназначенный для регистрирования сигнала акустической эмиссии, излучаемого процессом резания. В корпусе 1 (рисунок 1) находится пьезокерамическая пластинка 2 квадратной формы с фольгированными поверхностями, к которой с одной стороны припаяна игла 3 высокой твердости (из закаленной стали). Рабочие поверхности пьезокристалла электрически соединены проводом 4 с соответствующими элементами штекера 5. Для фиксированного положения пластинки внутренняя полость корпуса залита эпоксидным компаундом 6. Для надежного контакта датчика с колеблющейся поверхностью датчик прижимается к ней пружиной 7, расположенной во втулке 8.

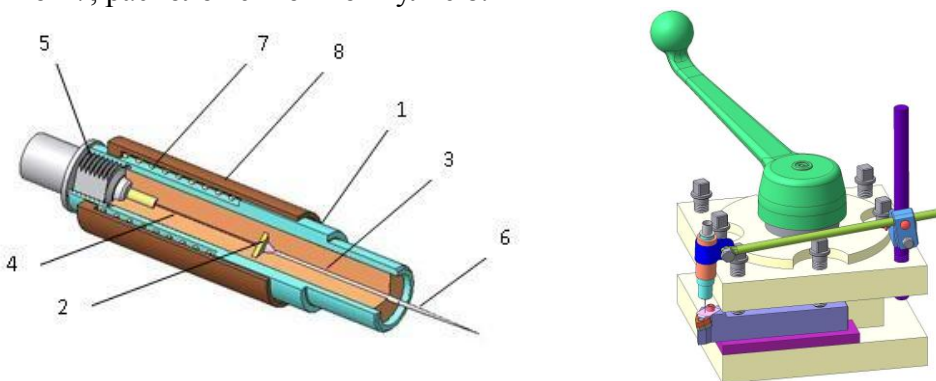


Рисунок 1- Модель пьезоэлектрического датчика и установка для регистрирования сигнала акустической эмиссии при точении

Так как источником электрического сигнала АЭ являются упругие волны, генерируемые в зоне резания, то при их распространении имеют место все волновые явления, в первую очередь затухание и отражение на границе раздела двух сред, причем, чем больше разность акустических сопротивлений в месте контакта, тем большая часть волновой энергии отражается. Поэтому место установки датчика желательно приближать к зоне резания. Программное обеспечение эксперимента (драйверы АЦП, виртуальные приборы, прикладные программы) планируется осуществлять с использованием среды LabVIEW, американской фирмы National Instruments, которая представляет собой достаточно гибкий и модульный инструмент для того, чтобы с уверенностью производить точные измерения, начиная от сбора данных вплоть до вывода результата. Также набор дополнительных модулей позволит выполнить дальнейший статистический анализ полученных данных.

Для анализа уровня сигнала на резец был прикреплен разработанный пьезоэлектрический датчик. Аналоговый сигнал из зоны резания оцифровывался платой АЦП, имеющейся на кафедре МРСиИ БТИ. В ЭВМ информация поступает через порт ввода и может быть занесена как в оперативную память, так и на внешнее запоминающее устройство. При этом размещение информации в ЭВМ, управление работой АЦП, подключение того или иного датчика к измерительному каналу и прочие функции выполняет ЭВМ по соответствующим алгоритмам.

Предварительный эксперимент показал, что уровень сигнала (амплитуда колебаний) от пьезоэлемента составляет порядка 1 мкВ, что недостаточно для его всесторонней обработки и анализа. Таким образом выяснилась необходимость усиления сигнала от датчика около 20дБ (в 1000 раз).

При проведении предварительного эксперимента был записан сигнал АЭ длительностью 12с, включающий участок обработки на различных режимах резания, а также участки, на которых станок работал на холостом ходу при включенной подаче и на холостом ходу при выключенной подаче (в конце эксперимента), для выявления чужеродных колебаний технологической системы. Уровень шумов составил около 10% от средней амплитуды акустических колебаний и практически исчезал при использовании фильтра низких частот (20кГц) На графике эти зоны можно различить визуально (рисунок 2)

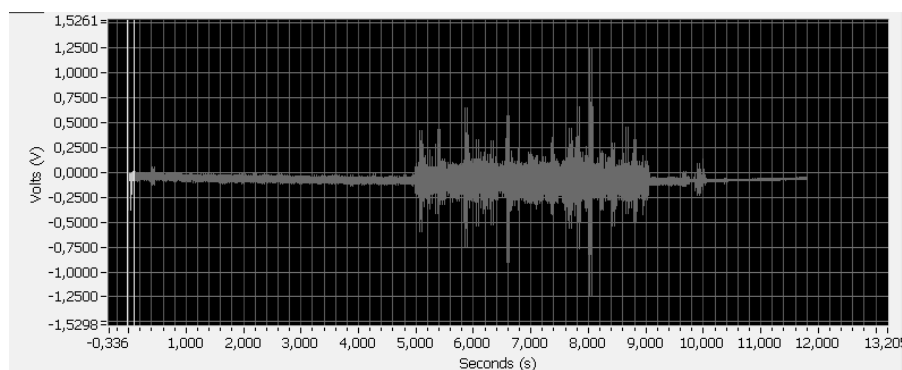


Рисунок 2 – Общий вид записанного сигнала

Программа обработки сигнала акустической эмиссии содержит виртуальный прибор, отображающий энергетический спектр входного сигнала, то есть какая энергия акустических колебаний выделилась на различных частотах.

Метод акустической эмиссии является новым аппаратом технологической диагностики условий резания. Экономическая эффективность метода АЭ обусловлена сокращением цикла технологической подготовки механообрабатывающего производства, уменьшением его трудоемкости и материалоемкости, повышением надежности процессов обработки, увеличением их производительности.

Очевидно, что по мере развития метода АЭ, его технологические возможности, круг решаемых практических задач и промышленных приложений, будут непрерывно расширяться. Это обусловлено тем, что волны упругой деформации, которые порождают сигналы АЭ, являются новым, ранее неизвестным и целенаправленно неисследованным фактором, активно влияющим на процессы структуро- и формообразования в зоне обработки материалов на целой гамме технологических операций, в первую очередь при их лезвийном и абразивном резании.

1. Особенности диагностики качества механообработки с применением интеллектуальных систем. Медведев В. В., Медведев В. С. ВЕСТНИК Донбасской государственной машиностроительной академии № 3Е (14), 2008 131,

2. Подураев В.Н., Базаров А.А., Горелов В.А. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. — М.: Машиностроение, 1988.- 89С

3. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн.2 Акустические методы контроля: Практическое пособие/ И.Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов; Под ред. В. В. Сухорукова. - М.: Высш. шк., 1991. - 283 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Воробьев А.К. - студент, Овчинников М.В. - студент
Бийский технологический институт, (г. Бийск).

Бесспорным является факт повышения качества поверхностного слоя деталей применением при обработке методов поверхностного пластического деформирования (ППД). Одним из способов обработки деталей ППД является гидравлическое накатывание, заключающееся в подачи жидкости под давлением к деформирующему элементу (рисунок 1).

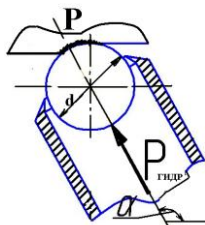


Рисунок 1 – Схема гидравлического накатывания: P – давление на поверхности детали; $P_{\text{гидр}}$ – давление от гидростанции; α – угол наклона гидроканала

Целью работы являлось исследование влияния режимов обработки деталей гидравлическим накатыванием на шероховатость обработанной поверхности. Исследования проводились на станке модели 16К20Ф3, образцы из стали 45 диаметром 70 мм перед обработкой подверглись полному отжигу (рисунок 2). При исследовании варьировались подача инструмента от 0,05 до 0,2 мм/об и скорость обработки от 40 до 330 м/мин, давление в гидросистеме 20-120 атм. при диаметре деформирующего шара 15 и 20 мм. Обработка образцов велась последовательно: вначале точение, затем гидравлическое накатывание. В результате проведенных исследований получены зависимости шероховатости обработанной поверхности от давления в гидросистеме, скорости обработки, подачи инструмента (рисунок 3-5).



Рисунок 2 – Изображение экспериментального образца

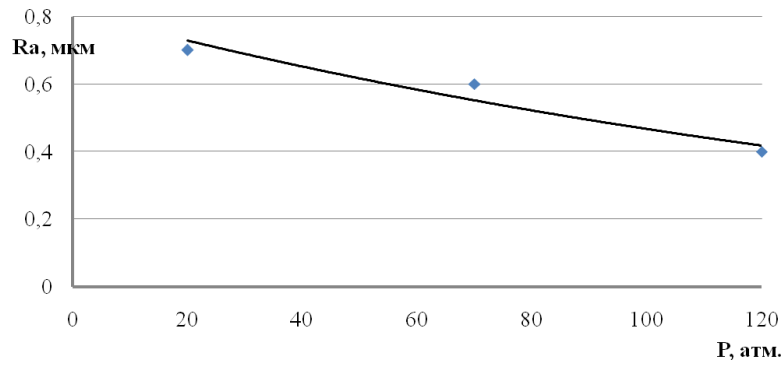


Рисунок 3 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от давления в гидросистеме ($D_{ш}=15$ мм, $V= 40$ м/мин, $S=0,1$ мм/об).

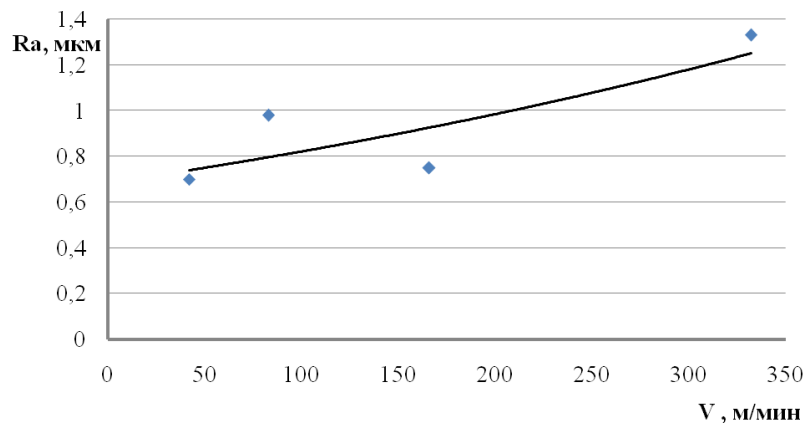


Рисунок 4 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от скорости обработки ($D_{ш}=15$ мм, $P= 20$ атм., $S=0,1$ мм/об).

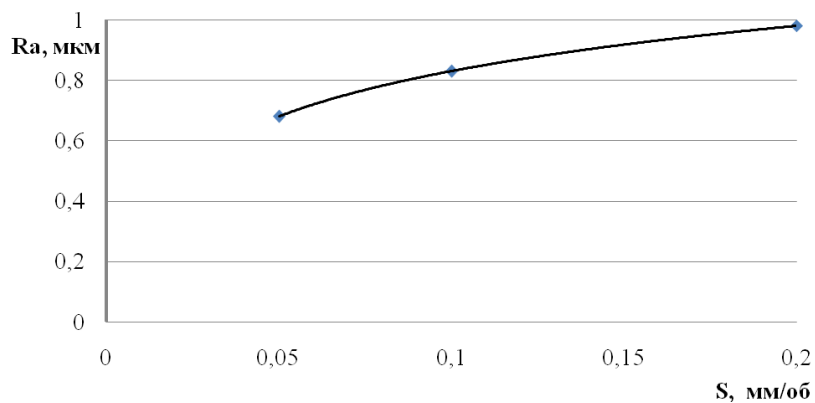


Рисунок 5 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от подачи инструмента ($D_{ш}=20$ мм, $V= 83$ м/мин, $P=20$ атм.).

В результате дальнейшей обработки полученных данных планируется построение математической модели качества поверхностно слоя (шероховатости, твердости, износостойкости) от режимов гидравлического накатывания и разработка рекомендаций к проектированию операции обработки деталей данным методом.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТЧИКА В ПРОЦЕССЕ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Лебедев П.В. - аспирант, Марков А.М. - д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Нарезание резьбы является наиболее применяемым способом в процентном соотношении к другим методам изготовления резьбы. Между тем одним из «узких» мест технологического процесса изготовления деталей является машинное резьбонарезание. При этом около 80% всех отказов при нарезании резьбы происходит из-за поломок метчиков, что в случае нарезания резьбы в высокопрочных полимерных композиционных материалах зачастую приводит к неисправимому браку детали. А поскольку резьбонарезание как правило является одной из последних операций технологического процесса изготовления деталей, надежность резьбонарезного инструмента напрямую влияет на экономические показатели предприятия в целом.

Кроме того, качество изготавливаемой в высокопрочных полимерных композиционных материалах резьбы, помимо физико-механических свойств материала, зависит от характера распределения напряжений и деформаций режущего инструмента в процессе нарезания резьбы. Таким образом, знание картины распределения напряжений в режущем инструменте (т. е. запаса прочности инструмента) при нарезании резьбы, позволит сократить количество брака и повысить качество изготавливаемой резьбы.

Здесь следует отметить, что подавляющее большинство моделей, описывающих напряженное состояние метчика и его деформации в процессе механической обработки, не могут быть применены к композиционным материалам, или описывают напряженное состояние исходя из величин действующих сил резания, которые не могут быть определены по стандартным зависимостям. Таким образом, оптимальным вариантом получения достоверной картины распределения напряжений в метчике является численное моделирование методом конечных элементов.

На первом этапе авторами исследовался характер распределения напряжений в инструменте. Картины распределения напряжений для всех расчетов показали, что наибольшие их значения локализуются в районе режущих кромок инструмента (Рисунок 1). В связи с этим прочность инструмента не может быть оценена по величине напряжений во впадине стружечных канавок. А методики оценки прочности метчиков, основанные на представлении инструмента в виде стержня некруглого сечения, не позволят адекватно оценить предельные нагрузки, воспринимаемые инструментом.

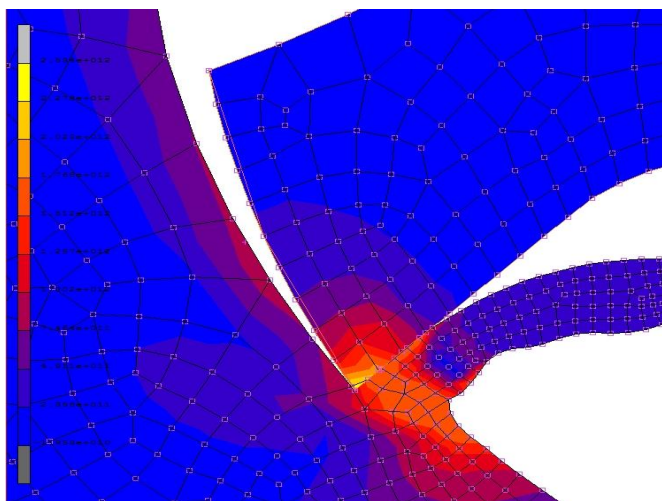
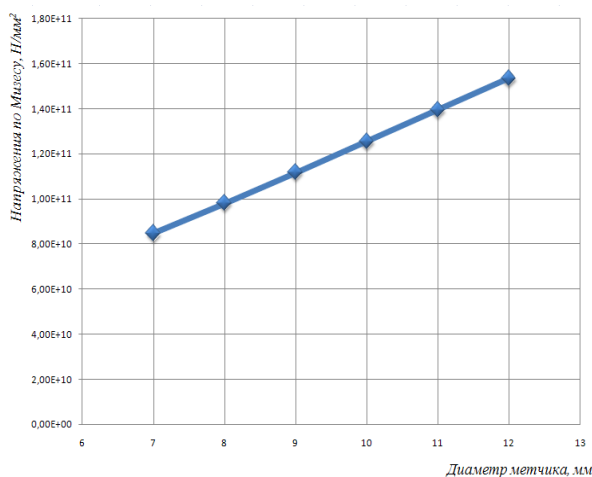


Рисунок 1 – Характер распределения напряжений в

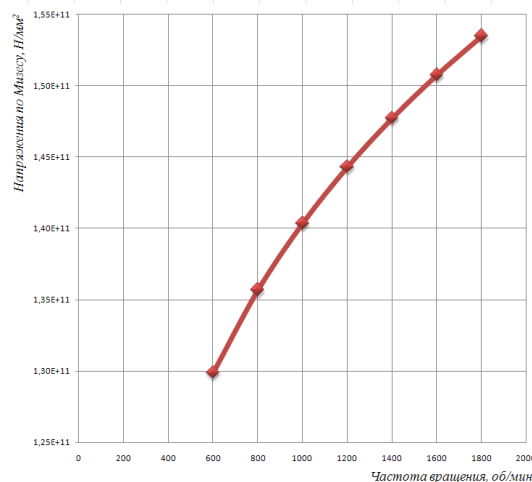
напряжений, действующих на зуб метчика, в процессе нарезания резьбы в материале КППН, проводилась методом ДФЭ (дробность 1). В процессе проведения экспериментальных исследований, изучалась зависимость величины действующих напряжений, от конструктивно-геометрических параметров инструмента и режимных параметров механической обработки при нарезании резьбы в КППН, метчиками ГОСТ 3266-81, изготовленными из быстрорежущей стали Р6М5. Пределы варьирования параметров: диаметр инструмента – $D_{\min} = 7$, $D_{\max} = 12$ мм, частота

вращения – $n_{\min} = 600$, $n_{\max} = 1800$ об/мин, количество режущих перьев – $N_{\min} = 3$, $N_{\max} = 4$. При исследовании напряженного состояния не оценивалось влияние шага резьбы на величину возникающих напряжений, поскольку шаг резьбы зависит от диаметра режущего инструмента и не поддается регулированию.

В результате дробного факторного эксперимента (ДФЭ) 2^3 была получена: степенная модель зависимости величины возникающих напряжений σ от диаметра метчика D , частоты вращения n и количества режущих перьев инструмента N (Рисунок 2):



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость возникающих в метчике напряжений от диаметра инструмента а) и

$$\sigma = 5,39e + 012 D^{1,1034} n^{-0,4834} N^{0,1519}$$

Достоверность аппроксимации была подтверждена критерием Фишера. Среднее относительное отклонение составило не более 10%. Полученные результаты хорошо согласуются с данными полученными различными авторами [1] для процессов нарезания резьбы в стальных заготовках.

Оценивая полученные результаты можно сделать вывод, что наибольшее влияние на величину действующих напряжений оказывает диаметр режущего инструмента. При этом в процессе резания наибольшие напряжения возникают в областях близких к главным режущим кромкам.

Литература:

Щуров И.А., Попов М.Ю., Болдырев И.С. - Расчет напряжений и деформаций метчиков// Прогрессивные технологии в машиностроении. – Челябинск: ЮУрГУ, 1999. – с. 13–21.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Кокшаров С.А. – студент гр.ТМ-93, Кокшаров А.А. – студент гр.ТМ-84

Николаенко Н.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время важнейшими задачами отечественной экономики являются повышение эффективности производства и качества изделий. В машиностроении одним из путей реализации этих задач являются рациональные способы проектирования изделий и прогрессивные методы их изготовления с использованием новых инновационных технологий.

Современный уровень производства требует таких способов решения инженерных задач, в частности, конструирования оптимальных поверхностей технических форм, которые

дали бы возможность получения машинных вариантов решения. Традиционные методы конструирования и проектирования, когда инженер с помощью простейших средств вычислительной техники определяет необходимые параметры изделия и создаёт его образ на бумаге, не удовлетворяет современным представлениям о характере и содержании инженерного труда.

В современных изделиях применяют детали, ограниченные сложными криволинейными поверхностями. При геометрическом конструировании этих поверхностей необходимо учитывать такие требования, как технологичность конструкции, простота расчёта, соблюдение наперёд заданных условий. Методы прикладной геометрии, которая является одним из направлений прикладной математики, находят широкое применение в решении инженерно-геометрических задач, связанных с вопросами задания и реализации поверхностей сложных технических форм. [4]

В прикладной геометрии, наряду со многими другими задачами, решаются две основные:

- а) разработка методов конструирования поверхностей;
- б) разработка алгоритмов их автоматического воспроизведения .

Многообразие форм изделий, большое количество разнообразных требований, предъявляемых к поверхности, привело к созданию различных методов и приёмов конструирования поверхностей. У каждого способа образования поверхностей есть свои преимущества и недостатки, их анализ должен способствовать выбору того или иного способа.

Основные направления в развитии методов проектирования поверхностей сложных технических форм:

Графический способ построения криволинейных поверхностей, не требующих аналитического описания. Используются различные способы задания ключей: треугольный, трапецеидальный, струйный, построение ключа по методу концентрических и эксцентрических окружностей.

Конструирование непрерывных каркасов (кинематический способ задания поверхностей). Под кинематическими поверхностями понимают такие, которые образуются непрерывным перемещением в пространстве некоторой линии постоянной или переменной формы (образующей) по определённому закону. Закон движения задаётся направляющими линиями. Способ обладает большой наглядностью и простотой, находит широкое применение в инженерной практике. При решении задач, связанных с поверхностями, заданными дискретным каркасом, осуществляется его замена непрерывным или несколькими непрерывными каркасами. [3]

Метод конструирования поверхностей мгновенными преобразованиями. Данная линия размножается в однопараметрическое множество линий-образов исходной кривой в семейство однотипных преобразований пространства, отличающихся друг от друга одним переменным параметром.

Универсальный способ конструирования поверхностей – это получение их как образов плоскостей или простых поверхностей в нелинейных преобразованиях. [2]

Номограммно-ключевой способ – поверхность получается как композиция двух более простых конкурирующих поверхностей.

Проективный способ образования поверхностей представляет собой многообразие точек или линий, получаемое в результате пересечения соответственных элементов проективных множеств линий, плоскостей и поверхностей.

Перечисленные методы относятся к одной группе – техническая поверхность аппроксимируется отсеком одной поверхности.

Вторая группа включает способы конструирования двумерных обводов. Наиболее простым является обвод, представляющий собой однопараметрический каркас образующих.

Автоматизированное проектирование предусматривает взаимодействие человека с машиной на основе использования дисплея, телетайпных пультов, специальных языков

программирования и других средств диалога человека с машиной. Содружество инженера с вычислительной техникой позволяет не только существенно повысить производительность и качество труда, но и изменить содержание деятельности и конструктора, и технолога. [1]

Использование компьютера может лишь облегчить работу проектировщика, выбор решения остаётся за человеком. Машине передаются функции хранения информации и ведение архива.

Прикладная геометрия и инженерная графика, как и всякая техническая наука призваны служить интересам ускоренного развития производства, повышению эффективности инженерной деятельности.

Литература

Якунин В.И. Геометрические основы систем автоматизированного проектирования технических поверхностей: Учебное пособие. - Москва: Изд-во МАИ, 1998.-85с.:ил.

Иванов С.Г. Бирациональные преобразования в моделировании поверхностей: Учебное пособие. - Москва: Изд-во МАИ, 2001.-46с.:ил.

Осипов В.А. Машинные методы проектирования непрерывно-каркасных поверхностей: Учебник для студентов вузов. – М: Машиностроение, 1998.-248.:ил.

Нартова Л.Г., Якунин В.И. Начертательная геометрия: учебник для студентов вузов. - М.: Дрофа, 2003.-208.:ил.

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОРНОВ

Осипов Ю.К. – к.т.н., Роговой В.М. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

С целью повышения и обеспечения качества прессовых соединений с тонкостенными свертными втулками в процессе обработки дорнованием, появляются вопросы, связанные с определением исполнительных размеров деформирующих инструментов. При этом возникает необходимость проектирования дорнов, обеспечивающих точность размеров, находящихся в поле допуска на их изготовление, заданную шероховатость поверхности и прочность прессового узла. Определение предельных размеров диаметра дорна по цилиндрической ленточке b производится с учетом упругих деформаций обрабатываемого отверстия свертной втулки и поля их допуска в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого металла, размеров заготовки и других факторов [1]. При этом, вследствие малой величины, упругие деформации дорна, особенно при использовании твердосплавных деформирующих элементов, не учитываются.

Допуск размеров внутреннего диаметра свертной втулки до обработки, зависит от предельных размеров заготовки (исходных размеров отверстия свертной втулки до обработки):

$$\delta d_{0заг} = d_{0заг\max} - d_{0заг\min} \quad (1)$$

где $d_{0заг\max}$, $d_{0заг\min}$ – максимальный и минимальный размеры внутреннего диаметра заготовки свертной втулки, мм.

Дорнование должно обеспечить точность получения размеров отверстий свертных втулок, находящихся в поле допуска:

$$\delta d_0 = d_{0\max} - d_{0\min} \quad (2)$$

где $d_{0\max}$, $d_{0\min}$ – максимальный и минимальный размеры внутреннего диаметра свертной втулки после обработки, мм.

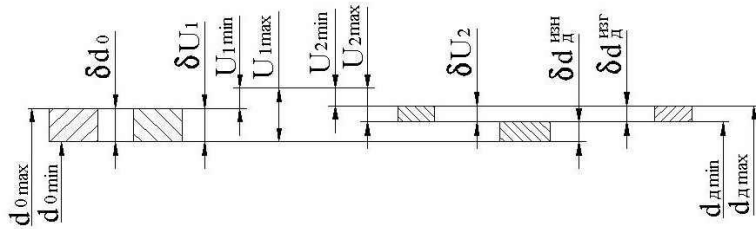


Рисунок 1 - Схема для определения предельных размеров диаметра дорна

Максимальный размер дорна по схеме на рис.1, определяется выражением:

$$d_{\text{дорна max}} = d_{0\text{max}} + U_{1\text{min}} - U_{2\text{min}} \quad (3)$$

где $U_{1\text{min}}$ – минимальная абсолютная упругая деформация на внутренней поверхности втулки, мм; $U_{2\text{min}}$ – минимальная абсолютная упругая деформация корпуса, мм.

Минимальная абсолютная упругая деформация на внутренней поверхности втулки [2], мм:

$$U_{1\text{min}} = \left(\frac{\sigma_{e1}}{E_1} \right) \cdot \frac{\left(-\mu_1^2 \right) \cdot d_{0\text{min}} \cdot \left[1 - \left(m_{\text{min}} - 1 \right)^2 \right]}{4 \cdot \left(+\mu_1 \right) \cdot \left(-\mu_1 \right) \cdot \left(m_{\text{max}} + 1 \right)^2}, \quad (4)$$

где $m_{\text{max}} = \frac{d_{\text{max}}}{d_{0\text{min}}}$ – максимальная относительная толщина стенки свертной втулки;

$m_{\text{min}} = \frac{d_{\text{min}}}{d_{0\text{max}}}$ – минимальная относительная толщина стенки свертной втулки; E_1 , σ_{e1} , μ_1 –

модуль упругости, предел прочности при растяжении и коэффициент Пуассона материала свертной втулки; d_{max} , d_{min} – максимальный и минимальный размеры наружного диаметра свертной втулки после установки в корпус, мм.

Минимальная абсолютная упругая деформация корпуса $U_{2\text{min}}$ будет равна минимальной упругой деформации на внутренней поверхности корпуса [2], мм:

$$U_{2\text{min}} = \left(\frac{\sigma_{e2}}{E_2} \right) \cdot \frac{\left(-\mu_2^2 \right) \cdot d_{\text{min}} \cdot \left[1 - \left(m_{1\text{min}} - 1 \right)^2 \right]}{4 \cdot \left(+\mu_2 \right) \cdot \left(-\mu_2 \right) \cdot \left(m_{1\text{max}} + 1 \right)^2} \quad (5)$$

где $m_{1\text{max}} = \frac{D_{\text{max}}}{d_{\text{min}}}$ – максимальная относительная толщина стенки корпуса; $m_{1\text{min}} = \frac{D_{\text{min}}}{d_{\text{max}}}$ –

минимальная относительная толщина стенки корпуса; E_2 , σ_{e2} , μ_2 – модуль упругости, предел прочности при растяжении и коэффициент Пуассона материала корпуса.

В случае отсутствия упругих деформаций на внутренней поверхности корпуса или когда ими можно пренебречь, максимальный размер дорна по выражению (3) будет равен, мм:

$$d_{\text{дорна max}} = d_{0\text{max}} + U_{1\text{min}} \quad (6)$$

Разница упругих деформаций при дорновании втулок, запрессованных в корпусах узлов подшипников скольжения, дает допуски на размеры отверстий при обработке данной партии:

$$\text{- для отверстия втулки } \delta U_1 = U_{1\text{max}} - U_{1\text{min}}; \quad (7)$$

$$\text{- для отверстия корпуса } \delta U_2 = U_{2\text{max}} - U_{2\text{min}}, \quad (8)$$

где $U_{1\text{max}}$ – максимальная абсолютная упругая деформация втулки, мм; $U_{2\text{max}}$ – максимальная абсолютная упругая деформация корпуса, мм.

Максимальная абсолютная упругая деформация на внутренней поверхности втулки, мм:

$$U_{1\text{max}} = \left(\frac{\sigma_{e1}}{E_1} \right) \cdot \frac{\left(-\mu_1^2 \right) \cdot d_{0\text{max}} \cdot \left[1 - \left(m_{\text{max}} - 1 \right)^2 \right]}{4 \cdot \left(+\mu_1 \right) \cdot \left(-\mu_1 \right) \cdot \left(m_{\text{min}} + 1 \right)^2}, \quad (9)$$

Максимальная абсолютная упругая деформация корпуса $U_{2\text{max}}$ будет равна максимальной упругой деформации на внутренней поверхности корпуса, мм:

$$U_{2\max} = \left(\frac{\sigma_{e2}}{E_2} \right) \cdot \frac{\left(-\mu_2 \right) \cdot d_{\max} \cdot \left(1 - \left(n_{1\max} - 1 \right) \right)}{4 \cdot \left(+\mu_2 \right) + \left(-\mu_2 \right) \cdot \left(n_{1\min} + 1 \right)}, \quad (10)$$

Точность отверстий деталей, обработанных упрочняюще-калибрующим дорнованием, предлагается оценивать коэффициентом уточнения:

$$k_t = \frac{\delta' d_0}{\delta d_{0\text{зад}}}, \quad (11)$$

где $\delta' d_0$ – сумма допусков на размеры отверстий втулок и корпусов, равна:

$$\delta' d_0 = \delta U_1 + \delta U_2. \quad (12)$$

Допуск на изготовление дорна определяется разностью максимального и минимального диаметров:

$$\delta d_0^{u32} = d_{0\max} - d_{0\min}, \quad (13)$$

где $d_{0\max}$, $d_{0\min}$ – максимальный и минимальный размеры диаметра дорна, мм.

Допуск на изготовление дорна является составляющей допуска на размер отверстия втулки. Поэтому, согласно схеме, представленной на рис.1, допуск на размер отверстия втулки определяется выражением:

$$\delta d_0 = \delta d_0^{u3H} + \delta d_0^{u32} + U_{2\min} - U_{1\min} \quad (14)$$

Отсюда допуск на изготовление дорна равен:

$$\delta d_0^{u32} = \delta d_0 - \delta d_0^{u3H} - U_{2\min} + U_{1\min} \quad (15)$$

При этом допуск на износ (см. рис.1) будет равен:

$$\delta d_0^{u3H} = d_{0\min} - d_{0\min} = U_{1\max} - U_{2\max} \quad (16)$$

При замене в выражении (15) значения допуска на износ δd_0^{u3H} выражением (16) получится:

$$\delta d_0^{u32} = \delta d_0 - \left(U_{1\max} - U_{2\max} \right) - U_{2\min} + U_{1\min} \quad (17)$$

Из выражения (13) минимальный диаметр дорна равен, мм:

$$d_{0\min} = d_{0\max} - \delta d_0 \quad (18)$$

При подстановке выражения (17) в (18) минимальный диаметр дорна будет:

$$d_{0\min} = d_{0\max} - \delta d_0 + \left(U_{2\max} - U_{2\min} \right) - \left(U_{1\max} - U_{1\min} \right) \quad (19)$$

или

$$d_{0\min} = d_{0\max} - \delta d_0 + \delta U_2 - \delta U_1 \quad (20)$$

Для упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием прессовых соединений, в случае, когда упругими деформациями на внутренней поверхности корпуса можно пренебречь, то есть $\delta U_2 = 0$, выражение (20) для определения минимального диаметра дорна примет вид, мм:

$$d_{0\min} = d_{0\max} - \delta d_0 - \delta U_1 \quad (21)$$

Одним из важных элементов, характеризующих форму деформирующего элемента дорна, является угол заборного конуса. От величины угла заборного конуса зависит усилие дорнования и высота шероховатостей обрабатываемой поверхности. На выбор рационального угла заборного конуса влияет ряд факторов, основные из них: материал обрабатываемой детали, натяг дорнования, размеры заготовки, коэффициент трения инструмента о деталь. Важно определить угол заборного конуса, обеспечивающий получение наименьшего усилия дорнования. Это позволит снизить затраты мощности на рабочий ход инструмента и осевые перемещения металла. Согласно [2], угол заборного конуса возрастает с увеличением натяга дорнования и толщины стенки, обрабатываемого прессового соединения, однако из анализа различных выражений для его определения [1] видно, что практически все значения угла изменяются в пределах 4^0-7^0 . Столь узкий

интервал углов позволяет отказаться от громоздких формул и для определения угла, без существенной погрешности расчетов, воспользоваться выражением:

$$\alpha = 75,5 \sqrt{f \frac{i}{d_0}}, \quad (22)$$

где f – коэффициент трения в зоне контакта в зоне ленточки дорна и свертной втулки.

Цилиндрическая ленточка повышает точность обработки и предохраняет инструмент от быстрого износа. Ширина цилиндрической ленточки в зависимости от материала обрабатываемой свертной втулки и исполнительного диаметра дорна, что подтверждено исследованиями [3]. Ширина ленточки определяется по формуле, мм:

$$b = 0,35 \cdot d_0^{0,6}. \quad (23)$$

При упрочняюще-калибрующей обработке дорнованием в области цилиндрической ленточки процесс деформирования металла считается установившимся, постоянным, и только силы трения будут оказывать сопротивление перемещению дорна. С увеличением ширины ленточки, вследствие увеличения сил трения, повышается усилие дорнования [1].

Данная методика была положена в основу разработки системы “Расчет дорна” для определения исполнительных размеров дорна для обработки прессовых узлов с тонкостенными свертными втулками.

Литература:

Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. Москва – Свердловск. Машгиз, 1961. – 230 с., ил.

Проскуряков Ю.Г. и др. Объемное дорнование отверстий. М.: Машиностроение, 1984.- 224 с., ил.

Проскуряков Ю.Г., Миканадзе М.А. Эксплуатационные свойства свертных втулок, обработанных дорнованием. «Вестник машиностроения», 1983, №7. - С.44-46.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
В УПРАВЛЕНИИ МАРКЕТИНГОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ ВПК
ОАО «АЛТАЙСКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «РОТОР»
Сулова Н.Д. – студент гр. Мма-91, Марков А.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Как известно, еще несколько лет назад главной целевой функцией оборонных предприятий было выполнение военного заказа, плановых заданий по производству товаров народного потребления и другой гражданской продукции, наиболее эффективное использование производственного потенциала, в том числе путем его перепрофилирования. В современных условиях, когда государство не всегда обеспечивает предприятие стабильными оборонными заказами (рентабельность которых, кстати, составляет в лучшем случае 4-6 %, но чаще бывает отрицательной), производство товаров народного потребления дает возможность покрывать постоянные издержки и является постоянным источником оборотных средств.

Однако экономическое выживание и даже успешная работа многих предприятий оборонного комплекса сейчас не означает выживание в будущем. Чтобы производить и продавать действительно конкурентоспособную продукцию, конверсионным предприятиям необходима продуманная маркетинговая политика, направленная на завоевание рынка, обеспечение конкурентных преимуществ, удержание клиентов и привлечение новых, создание высокой ценности для потребителя и репутации надежного партнера. Оценить уровень достижения этих целей и выявить новые потенциалы успеха позволяет концепция Balanced Scorecard (далее сокращенно ССП - система сбалансированных показателей).

Целью диссертационной работы является разработка методических и практических предложений по оценке эффективности маркетинга товаров народного потребления и

совершенствованию управления маркетинговой деятельностью на конверсионном предприятии.

Поставленная цель определяет следующие задачи, подлежащие решению в данной работе:

- определить место маркетинговой деятельности в стратегическом планировании;
- проанализировать существующие теоретические и практические подходы к управлению маркетинговой деятельностью на предприятии военно-промышленного комплекса;
- определить особенности формирования отечественной модели маркетинговой деятельности на предприятии военно-промышленного комплекса;
- разработать систему показателей эффективности работы службы маркетинга;
- предложить методику оценки эффективности маркетинговой системы товаров народного потребления;
- разработать рекомендации по совершенствованию управления маркетинговой деятельностью.

Объектом исследования является ОАО «Алтайский приборостроительный завод «Ротор», специализирующийся на выпуске сложных электромеханических и электронных приборов и систем, а также гироскопических устройств для объектов различного назначения.

Предмет исследования – управление маркетинговой деятельностью посредством разработки и применения системы сбалансированных показателей.

В диссертационной работе принята следующая научная гипотеза: предполагается, разработка и применение системы сбалансированных показателей, характеризующих выполнение стратегических целей предприятия в области маркетинга, повысит управляемость и эффективность маркетинговой деятельности предприятия.

Методы исследования приведены ниже:

- анализ научной литературы, учебников и публикаций в периодических изданиях по маркетингу, стратегическому планированию и управлению;
- методы анализа финансово-экономического состояния предприятия;
- анализ показателей производства и отгрузки товаров народного потребления на предприятии;
- аналитико-синтетический метод исследования сильных и слабых сторон деятельности предприятия – SWOT-анализ;
- прогнозирование результатов внедрения системы сбалансированных показателей для оценки и контроля маркетинговой деятельности.

При написании работы основными теоретическими и методологическими источниками послужили работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные маркетингу на конверсионных предприятиях и стратегическому управлению, опубликованные в учебниках, монографиях и периодических изданиях (Кеворков В.В., Каплан Р.С., Нортон Д.П., Котлер Ф., Нифаева О.В., Медведев П.М., Лесных В.В. и др.). Практическая часть работы базируется на анализе маркетинговой деятельности на предприятии и применении российскими и зарубежными специалистами концепции системы сбалансированных показателей для управления ею.

Использование результатов исследования на практике позволит оптимизировать бизнес-процессы, выстроить их в соответствии с маркетинговой стратегией, повысить эффективность использования ресурсов предприятия и обозначит пути достижения конкурентных преимуществ и усиления позиций на рынке потребительских товаров.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Янцен С.С.- студентка гр. ОМД – 51, Околович А.Г.- аспирант

Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из условий получения высококачественного инструмента является выбор инструментального материала соответствующего назначению инструмента и нагрузкам, возникающим в процессе работы. Однако выбор соответствующего инструментального материала является только одним из условий для изготовления инструмента. Конструкция качества изготовления. Термообработка и поверхностное упрочнение решающим образом влияют на срок службы инструмента.

В холодноштамповочном производстве широко применяются высокохромистые стали Х6ВФ и Х12МФ. Присутствие в структуре этих сталей большого количества карбидов хрома обеспечивает, с одной стороны. Высокую износостойкость стали, а с другой - пониженную прочность. Кроме того, термическая обработка после закалки от 980-1020°C и отпуска при 200-350°C не позволяет выполнять поверхностные упрочнения вследствие высоких температур процесса (540-560°) вследствие разупрочнения стали.

В тоже время насыщение поверхности инструмента азотированием. Карбонитрацией или осаждением нитрида титана повышает усталостную и эксплуатационную стойкость в 4÷5 раз [1].

Так как высокая легированность сталей создает устойчивые к растворению в аустените при нагреве под закалку карбид хрома Cr_7C_3 поэтому нами разработана технология термической обработки сталей Х6ВФ, Х12МФ на вторичную твердость закалкой от повышенных температур 1070-1080°C для растворения карбидов в аустените и усилии дисперсионного твердения при высоком отпуске 520-540°C, 2 раза по 1 часу [2].

Выводы

Промышленные испытания на БСЗ показали увеличение эксплуатационной стойкости вырубки пуансонов в 2÷3 раза.

Околович Г.А. прогнозирование эксплуатационной стойкости холодноштампованного производства./ Г.А. Околович, Заготовительное производство в машиностроении – 2004, № 12, с. 32-34.г.

Пат. 2200201 Российская Федерация, МПК⁷ С21Д9/22, С23С8/24. Способ термической обработки высокохромистой инструментальной стали на вторичную твердость / Околович Г.А., Евтушенко А.Т., Охрименко С.А., Семенчина А.С.; заявитель и патентообладатель Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – № 2001107618/02; заявл. 21.03.01; опубл. 10.03.03, Бюл. №7. – С. 419: ил.