

Секция «Машиностроение»

Подсекция – «Обработка металлов давлением»

25 апреля 2007 г. – в 15⁰⁰, ауд. 209 «Б».

Руководитель секции – д.т.н., профессор Околович Г.А.

Секретарь – Яковлева Н.А.

Список студентов

1. Вялых О.П., Чекрыгина И.П. – ОМД-31. Руководитель Околович Г.А. «Термическая обработка сталей, закаливаемых на мартенсит».
2. Семенчин Р.С. – ОМД-31. Руководитель Околович Г.А. «Режимы термической обработки стали Х6ВФ на вторичную твёрдость».
3. Швацкая А.М. – ОМД-21. Руководитель Околович Г.А. «Шлиценакатной инструмент».
4. Зубанова И.В. – ОМД-21. Руководитель Свищенко В.В. «Зернистый бейнит и перспективы его применения».
5. Околович А.Г. – ОМД-21. Руководитель Поксеваткин М.И. «Новые технологии в производстве стальных поршневых колец».
6. Котов Д.С. – ОМД-31. Руководитель Карпов С.В. «Учебно-производственная САПР технологии холодной штамповки осесимметричных деталей».
7. Бабак Е.Ю., Карпова А.С. – ОМД-21. Руководитель Карпов С.В. «Конструирование новой пластины для приводной роликовой цепи».
8. Банщиков А.А. – ОМД-21. Руководитель Карпов С.В. «Изготовление втулок для цепей сельскохозяйственного назначения».
9. Овчаров Г.А., Штильников А.А. – аспиранты, Мамонтов М.С., Дунаев К.Ю. – ОМД-41. Руководитель Поксеваткин М.И. «Алгоритм выработки компенсационных устройств штампов малоотходной горячей штамповки».

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ, ЗАКАЛИВАЕМЫХ НА МАРТЕНСИТ

Вялых О.П., Чекрыгина И.П. – студентки, Околович Г.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Термомеханическая обработка (ТМО) – это термическая обработка, включающая пластическую деформацию, которая благодаря повышенной плотности дислокаций влияет на формирование структуры при фазовых превращениях, происходящих во время термического воздействия.

Основное назначение ТМО – повышение прочностных свойств сталей и сплавов.

При высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО) аустенит деформируют в области его термодинамической стабильности и проводят закалку на мартенсит с последующим отпуском.

Низкотемпературная термическая обработка (НТМО) – упрочнение сталей в результате пластической деформации переохлажденного аустенита с последующей закалкой с температуры деформации.

Однако выполненные исследования на стали 40X13 показали недостаточную твердость 45-50 HRC для режущего инструмента. Поэтому проведены экспериментыковки заготовок из стали 40X13 на полосу толщиной S4-5мм, совмещающей ВТМО и НТМО, которые показали повышение твердости до 54-56 HRC.

После чего выполняется закалка ниже АС3 от температуры (850°С±10°С), которая предотвращает развитие рекристаллизации аустенита и, соответственно, упрочнение от предшествующей совмещенной ТМО. Полученное изделие после закалки с небольшой выдержкой и низкого отпуска (200°С) приобретает высокую твердость 58-62 HRC и повышенную прочность, которая как бы “заложена” в металл при ВТМО и НТМО.

Разработанная технологияковки 1освоена на заводе “Сибэнергомаш” для изготовления гильотинных ножей стали 40X13.

РЕЖИМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ Х6ВФ НА ВТОРИЧНУЮ ТВЁРДОСТЬ

Семенчин Р.С. – студент, Околович Г.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В штамповочном производстве обширная номенклатура пуансонов и матриц изготавливается из стали Х12М. Возможности повышения эксплуатационных характеристик инструмента из этой стали практически исчерпаны. Поверхностное упрочнение (азотирование, карбонитрация) не применяется из-за высоких температур процесса (540°C). Обработка стали Х12М на вторичную твердость технологически затруднена (Закалка от 1120°C и отпуск при 540-560°C, 4-5 раз по 1ч.) приводит к значительному снижению вязкости и прочности. Кроме того, инструмент диаметром свыше 100 мм имеет низкий уровень механических свойств из-за карбидной неоднородности, которая существенно меньше в стали Х6ВФ.

Однако, не применяется термическая обработка стали Х6ВФ вторичную твердость с целью последующего упрочнения химико-термической обработкой. Тем не менее, накатной инструмент изготавливают в основном из этой стали.

Нами была исследована такая возможность: после закалки от 1020, 1050, 1070°C и отпуска при 520°C получена твердость 60-58 HRC, соответственно. Отпуск при 550°C понижает твердость до 58-56 HRC. Последующее азотирование (газовое или жидкое) и особенно карбонитрирование, кроме повышения усталостно-прочностных характеристик, увеличивает износостойкость инструмента в 2-3 раза. Важным фактором является снижение сколов, выкрашиваний и поломок. Следует обратить внимание на то, что оптимальная твердость, обеспечивающая наивысшие характеристики прочности инструмента при малоциклового усталости, является 57-59 HRC.

Таким образом, накатной инструмент, изготавливаемый из стали Х6ВФ для повышения эксплуатационных характеристик, рекомендуется обрабатывать на вторичную твердость: Закалка от 1020°C, 1-ый отпуск при 350°C, 1 ч., второй - 520-540°C, 1 час на твердость 58-56 HRC карбонитрирование при 550°C из расчета 1 мин выдержки на 1 мм сечения.

ШЛИЦЕНАКАТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ.

Швацкая А.М. – студентка, Околович Г.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Несмотря на большое различие пуансонов чистовой вырубкой и накатных роликов между ними существует много общего в условиях их работы: причин выхода из строя инструмента; зависимости его работоспособности от качества изготовления и выбора материала, режимов ковки, термической обработки и способов поверхностного упрочнения; то есть - это тяжело нагруженный инструмент холодного деформирования исходного материала высокой прочности ($\sigma_{\text{в}} \geq 500$ МПа).

Основные виды разрушений: усталостное разрушение (кольцевые усталостные трещины по рабочему профилю ролика на глубине порядка 1 мм от поверхности); сквозные радиальные трещины; угловые, поперечные трещины; выкрашивания по рабочему профилю.

Развитие трещин сопровождается появлением по всей их длине мелких выкрашиваний, имеющих вид точечного отшелушивания тонкого поверхностного, как бы нагартованного слоя металла, что свидетельствует о скрытом развитии усталостного разрушения внутри рабочего профиля ролика.

Термическую обработку накатных роликов из стали Р6М5 на практике выполняют по режиму: закалка от 1180-1200°C и отпуск при 560-580°C на твердость 59-61 HRC. Опыт промышленной эксплуатации шлиценакатных станков показывает, что стойкость роликов после такой термической обработки составляет 7-10 тысяч валов.

Внедрение термообработки накатных роликов из стали Р6М5 по разработанному режиму на твердость 56-58 HRC позволило увеличить стойкость роликов до 18-25 тысяч валов (табл.1).

Таблица 1 – Стойкость шлиценакатного инструмента в зависимости от режимов термообработки и карбонитрации

№ п/п	Марка стали инструмента	Температура, °С		Твердость, HRC	Стойкость, количество валов	
		закалки	отпуска		18ХГТ, HB200 Сталь 45, HB250	
					Без карбонитрации	После карбонитрации
1	P6M5	1180	580	59-61	$\frac{10000}{7000}$	$\frac{40000}{31000}$
2	P6M5	1140	580	56-58	$\frac{25000}{18000}$	$\frac{90000}{56000}$

Известно, что поверхностное упрочнение создаёт объёмные напряжения сжатия и повышает усталостную прочность. Проведенные исследования показали увеличение стойкости накатных роликов из стали P6M5 после карбонитрации от 7-10 тысяч до 31-40 тысяч валов соответственно, т.е. в 3-5 раз.

Таким образом, основными условиями повышения усталостной прочности инструмента являются создание однородной структуры стали без остаточных напряжений и применение поверхностного упрочнения.

ЗЕРНИСТЫЙ БЕЙНИТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Зубанова И.В. - студентка, Свищенко В.В. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основу микроструктуры зернистого бейнита (ЗБ) составляют полиэдрические зерна α -фазы, в которых расположены глобулярные включения остаточного аустенита в количестве примерно 10%. ЗБ имеет повышенную обрабатываемость резанием, что выражается как в снижении сил резания, так и в повышении качества обработанной поверхности. Основным условием образования ЗБ является относительно высокая температура начала промежуточного превращения и непрерывность охлаждения. Предварительная пластическая деформация значительно расширяет интервал скоростей охлаждения, в котором образуется ЗБ. Разработана методика оценки способности сталей к образованию ЗБ. Технологически проще получать ЗБ с прокатного (ковочного, штамповочного) нагрева. Разработаны номограммы, связывающие состав стали и размеры проката, в котором обеспечивается получение ЗБ при охлаждении на воздухе. Разработаны новые технологии сфероидизирующей и улучшающей термических обработок, предусматривающие получение структуры ЗБ, основанные на том эффекте, что при отпуске в интервале 450-680°С ЗБ трансформируется в механические смеси феррита и глобулярных карбидов, не уступающие по всем основным механическим свойствам аналогичным структурам, полученным высоким отпуском мартенсита. Под новую технологию сфероидизирующей термической обработки разработана и внедрена сталь 24Х2НЧ, состав которой обеспечивает получение ЗБ в прокате сечением до $\Phi 25$ мм при его охлаждении на воздухе с прокатного нагрева. После 4-х часового отпуска при 680°С, прокат приобретает оптимальную для холодной штамповки структуру зернистого перлита. Новая улучшающая термическая обработка имеет следующую схему. В заготовке при охлаждении с прокатного (ковочного, штамповочного) нагрева формируется структура ЗБ. Данный процесс регулируется составом стали и условиями охлаждения. Заготовка обрабатывается резанием, и подвергается высокому отпуску.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Околович А.Г. – студент, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основным материалом для изготовления поршневых колец служит чугун. По строению своей металлической основы чугун близок к стали, но весьма существенно отличается. Его металлическая основа пронизана микропорами заполненными графитом. Наличие микропор в чугуне снижает его механические свойства по сравнению со сталью.

Наша технология базируется на оборудовании, позволяющем методом волочения - прокатки получать все виды профилей для производства колец современных ДВС. Термические процессы, упрочнение рабочих поверхностей различными способами (карбонитрирование, ионно-плазменное напыление, ионная имплантация, поверхностная пластическая деформация, обработка в электролитной плазме) обеспечивает производство качественных колец в соответствии с требованиями ДИН (европейская классификация) и основных требований ЕВРО-3.

Разработанная нами технология позволяет выпускать поршневые кольца для дизелей, бензиновых ДВС, компрессоров и др. установок в диапазоне 60÷180мм.

Предлагаемым изобретением решается задача обеспечения изготовления стальных маслосъёмных поршневых колец сложного профиля с перфорированными пазами, обладающих высокими эксплуатационной стойкостью и пластичностью.

Для достижения этого технического результата в способе изготовления стальных маслосъёмных поршневых колец, включающем деформационное упрочнение протягиванием проволоки с обжатием через профильные волочильные ролики, навивку на оправку, отпуск, первое, второе, третье, четвёртое, пятое деформационные упрочнения протягиванием проволоки через профильные волочильные ролики производят с обжатиями 35-40%, 20-25%, 15-20%, 10-15%, 6-8% соответственно, причём после первого и третьего деформационных упрочнений осуществляют рекристаллизационный отпуск при температуре 760-780°C в течении 1 ч. После пятого деформационного упрочнения выполняют пробивку перфорированных пазов, калибровку протягиванием через волочильные ролики и навивку на оправку с натяжением, затем производят термофиксацию на оправке полученного профиля стального маслосъёмного поршневого кольца при температуре 500°C в течении 1ч, разрезку на оправке стального маслосъёмного поршневого кольца на отдельные кольца, установку этих колец в гильзу и термостабилизацию в гильзе при температуре 550°C в течении 1ч.

УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САПР ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Котов Д.С. – студент, Карпов С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современное производство должно осуществляться в условиях быстрой смены выпускаемых изделий. Выпуск каждого изделия требует разработки высокоэффективных технологических процессов, что может быть достигнуто только при наличии САПР. Использование САПР избавляет технолога от монотонных расчётов, в ходе которых могут возникнуть ошибки.

Однако современные САПР имеют очень высокую стоимость и поэтому их использование затруднено даже на крупных предприятиях. Поэтому создание узкоспециализированных САПР является актуальной задачей.

Цель данной разработки: создать программу, которую можно применять в учебном процессе и на производстве. Программа будет выводить чертёж детали и поковки по заданным размерам, рассчитывать объём заготовки. Будет сохранять исходную форму детали и таким образом работать ещё и как классификатор. Планируется ввести около 140 различных типов деталей. Программа пишется на языке Pascal, но планируется её перевод в Delphi.

КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВОЙ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ПРИВОДНОЙ РОЛИКОВОЙ ЦЕПИ

Бабак Е.Ю., Карпова А.С. – студенты, Карпов С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Приводные роликовые цепи десятилетиями выпускаются по устоявшейся технологии и имеют неизменную конструкцию. Рыночные отношения подталкивают производителей к совершенствованию конфигурации и поискам новых технологических процессов изготовления отдельных элементов цепи.

В данной работе нами были проведены некоторые исследования по улучшению геометрии стандартных пластин приводных роликовых цепей шага 44,45.

Серийная пластина, используемая в цепях в настоящее время, имеет вид «восьмерки» и характеризуется следующими основными размерами: шагом t , радиусом яблочек R_1 , радиусом шейки R , шириной шейки b , диаметром отверстий под валики (ролики) d и толщиной h .

Данная форма пластин не является оптимальной. Действительно, значительная концентрация напряжений в отверстиях пластин делает неравнопрочной проушину пластины с ее средней частью. Максимальные напряжения действуют под углом 45° к вертикальной оси отверстия. Чаще всего здесь происходит разрушение пластины.

Предлагается внести следующие изменения:

1. Увеличить межосевое расстояние наружных радиусов (яблочек R_1) на 2 мм. Это приведет к увеличению площади пластины в опасном сечении и усилит ее лобовую часть;
2. Получить чеканкой на лицевых гранях пластины углубление в форме восьмерки на 0,4 мм. Во-первых, это даст экономию металла около 8 г, а во-вторых, увеличит жесткость пластины (за счет образования ребер);
3. Подобрать такие размеры пластины, чтобы увеличить ее прочностные характеристики, но при этом уменьшить массу.

Используя теорию планирования эксперимента и программу «Т-FLEX» удалось выявить наиболее рациональное соотношение размеров пластины - радиусов яблочек, шейки и ширины ободка – которое дает запас прочности не менее 15 % и экономию металла 7% по сравнению с обычной пластиной, изготавливаемой по базовой технологии.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВТУЛОК ДЛЯ ЦЕПЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Банщиков А. А. – студент, Карпов С. В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На сегодняшний день перед инженерами машиностроения всё чаще и чаще возникает вопрос об уменьшении физических и материальных затрат на изготовление деталей. Так, в настоящее время, втулки для цепей изготавливают при помощи обработки резанием. Предлагается совершенно новый метод изготовления данных деталей операциями холодной объёмной штамповки.

Первым этапом в изготовлении втулки является разрезка трубы. От точности, с которой будет происходить нарезка трубы, во многом зависит эффективность всего технологического процесса. Форма заготовки должна быть такой, чтобы обеспечить выполнение технологических операций с минимальными энергетическими затратами.

Далее в технологическом процессе изготовления втулки появляются две принципиально новые операции – обратное выдавливание и редуцирование.

Первой выполняется операция обратного выдавливания. Этот процесс характеризуется тем, что происходит утонение и деформационное упрочнение стенок полого цилиндра. Высота (длина) увеличивается за счёт увеличения внутреннего диаметра при неизменном внешнем. Металл течёт в направлении обратном направлению рабочего хода пуансона.

Во время выполнения второй операции (редуцирования), у заготовки происходит уменьшение наружного диаметра и увеличение длины. Как и в предыдущем случае, инструментом для выполнения этой операции будет штамп с механической подачей.

При проектировании деталей штампов для обратного выдавливания и редуцирования при холодной объёмной штамповке важнейшим элементом является точность, обеспечение которой гарантирует выполнение технологических операций и соответствие изделия заданным параметрам. Конструкция механической подачи в обоих штампах обеспечивает минимальное участие человека в процессе штамповки.

Термическая обработка будет состоять из низкотемпературного отжига (530-600 °С). После отжига структура металла должна быть равномерной, равноосной в виде сферообразных зёрен, состоять из феррита с величиной зерна <0,03 мм. Так как холодная объёмная штамповка характеризуется высокими контактными давлениями, смазки нужно прочно связывать с поверхностью заготовки. Для обработки заготовки втулки следует применить фосфатирование.

Одним из главных параметров проектируемой технологии является её экономическая целесообразность, то есть, будет ли деталь, получаемая новым методом стоить дешевле в сравнении с деталью, изготавливаемой по базовой технологии. В ходе проведённого сравнения было выяснено следующее:

1. При изготовлении втулки проектируемым методом будет происходить значительная экономия металла, так как при обработке давлением металл не уходит в стружку, вследствие чего коэффициент использования металла значительно увеличивается, что ведёт к уменьшению себестоимости детали;
2. По остальным экономическим характеристикам (заработная плата, производственные расходы и т.д.) втулки, получаемые проектируемым и базовым способами, будут отличаться не значительно;
3. Основные затраты на внедрение проектируемой технологии будут складываться из затрат на изготовление формоизменяющего инструмента (штампов), но они себя окупают, так как производство является массовым.

Из сказанного выше следует, что при использовании разрабатываемой технологии получения втулок с одной стороны уменьшается себестоимость изделия, а с другой улучшается структура изготавливаемой втулки, что обеспечивает более продолжительную работоспособность.

АЛГОРИТМ ВЫБОРКИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ШТАМПОВ МАЛО-ОТХОДНОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Овчаров Г.А., Штильников А.А – аспиранты, Мамонтов М.С., Дунаев К.Ю. – студенты,
Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Приведен идентификационный модульный алгоритм (модель) для автоматизации выборки компенсационных устройств штампов малоотходной горячей штамповки. Алгоритм реализован в виде программы, которая успешно опробована.

Выбор компенсационных устройств (КУ) определенной характеристики непосредственно связан с параметрами поковки и условиями конкретного производства.

В общем случае эту связь можно описать идентификационным модульным алгоритмом (моделью), приведенном на рисунке, который должен прогнозировать выборку наиболее целесообразных компенсаторов, обеспечивающих формирование поковки и своевременное удаление избытка металла.

Информационное функционирование алгоритма базируется на разработанном примерном параметрическом классификаторе КУ, в котором каждое КУ характеризуется совокупностью универсальных нормированных признаков, позволяющих идентифицировать КУ по соответствующим параметрическим признакам проектируемой поковки.

Таким образом, совокупность признаков КУ будет описывать параметрическую характеристику полости штампа, и являться отражением параметрической характеристики проектируемой поковки.

Параметрическими признаками поковки могут быть геометрический образ (его информационное отображение), степень сложности, точность, объем поковки, планируемый объем избытка металла и место его размещения на теле поковки и другие признаки. Каждому признаку присвоены порядковые номера (коды) и весовые коэффициенты.

Для функционирования алгоритма введены следующие величины: параметры признаков поковки в численном виде N_i ; параметры КУ, причем признаки КУ характеризуются нижним (K_{ij}^a) и верхним (K_{ij}^z) уровнями значений; $i = 1..n$, где i – номер признака, n – количество признаков; $j = 1..m$, где j – номер КУ, m – количество КУ в массиве; для каждого признака поковки установлен нормированный весовой коэффициент η_i , которому должен соответствовать (или не соответствовать) фактический весовой коэффициент конкретного признака КУ ψ_{ij} ; нормированный суммарный весовой коэффициент признаков задан величиной Q при 10-ти процентном уровне значимости ($Q = 0,9$).

В первом модуле (М1) вводят исходные данные о поковке N_i (её параметрическое описание по каждому признаку) – блок 1.1. Описывается количество признаков и количество компенсаторов (блок 1.2).

Во втором модуле (М2) проводят идентификацию КУ по параметрам поковки (блок 2.1). Если условие (2.1) удовлетворяется, то показателю значимости ψ_{ij} i -го признака j -го КУ присваивают весовой коэффициент η_i , принятый для этого признака, и осуществляют переход к следующему признаку (блоки 2.3 и 2.4). Если условие (2.1) не выполняется, то проверяется условие (2.5). В случае выполнения условия (2.5), показателю значимости ψ_{ij} i -го признака j -го КУ не присваивают значение весового коэффициента, и он, по умолчанию, остаётся равным нулю. Если условие (2.1) для j -го КУ не выполняется, то последний исключается из формирования выборки, так как первые два признака являются базовыми (например геометрический образ поковки и её степень сложности), им придаются высокие весовые коэффициенты, и без любого из них невозможно обеспечить условие (3.2), установленное для фактического суммарного весового коэффициента КУ (θ_j).

В третьем модуле (М3) формируется выборка КУ, отвечающих условию (2.1). После суммирования значений показателей значимости (ψ_{ij}) отдельных признаков по каждому КУ (блок 3.1) проверяется условие соответствия θ_j нормированному суммарному весовому коэффициенту Q (блок 3.2). Если условие (3.2) выполняется, то КУ с соответствующим номером передается в печать (блок 3.3). Блоки (3.4 – 3.6) обеспечивают проверку всех признаков каждого КУ.

При распечатке результатов выборки компенсаторы располагают в порядке убывания их фактического суммарного весового коэффициента θ_j . Если в выборке окажется менее двух компенсаторов, то целесообразно ввести в выборку несколько КУ, суммарный весовой коэффициент которых наиболее близок к условию (3.2).

С использованием выбранных КУ проводят оптимизацию технологических процессов по технологической себестоимости поковки, расходу штампуемого металла, стойкости штампа или другим критериям как это сделано, например, в работе применительно к штамповке выдавливанием.