

ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ.

Гертер М.В. – студент, Чертовских Е.О. – аспирант, Околович Г.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Для многих твердых тел, в том числе для большинства металлов и сплавов, могут быть созданы такие условия, при которых будет происходить хрупкое разрушение. Как правило, хрупкое разрушение является внутрикристаллическим и распространяется вдоль простой кристаллографической плоскости внутри отдельных зерен поликристалла. Однако при низких температурах хрупкое разрушение поликристаллического агрегата может происходить по границам зерен, что связано с аномальными изменениями состояния приграничных объемов. Такое охрупчивание присуще металлам и сплавам с г.ц.к. решеткой, не склонным к хрупкости в обычных условиях.

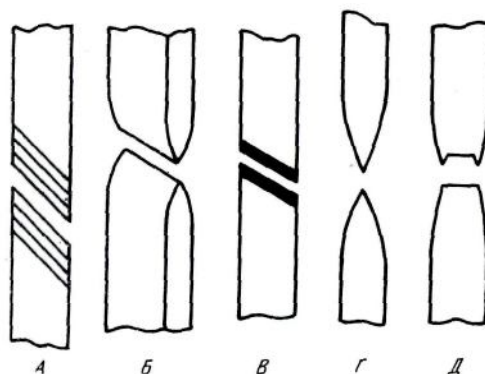
Процесс разрушения состоит из двух стадий – зарождение трещины и ее распространение через все сечения детали. Первая стадия неизбежно связана с пластической деформацией. Распространение трещины при пластичном разрушении также сопряжено со значительной пластической деформацией, а при хрупком в принципе и без нее. Критерием хрупкости является величина пластической деформации. Кроме того, хрупкое разрушение развивается с большой скоростью, и поэтому представляет наибольшую опасность с инженерной точки зрения.

Большинство металлов и сплавов могут разрушаться, как пластично, так и хрупко в зависимости от условий эксперимента (эксплуатации). Важнейшими условиями являются температура, скорость приложения нагрузки, наличие или отсутствие надрезов.

Хрупкое разрушение связано с резким увеличением предела текучести при понижении температуры, которое наблюдается у всех металлов, склонных к хрупкости. При этом резкое, скачкообразное изменение значений пластичности и ударной вязкости не сопровождается заметными изменениями физических свойств металла.

Важная особенность пластичного разрушения – большая величина пластической деформации, необходимой для распространения вязкой трещины. В результате процесс пластического разрушения может быть остановлен на любой стадии, если действующее напряжение снизится до значений, не превышающих напряжения течения материала перед трещиной.

Закономерности пластичного разрушения металлов изучают обычно при испытании разрывных образцов на растяжение.



Возможные типы пластичного разрушения.

На рисунке показано несколько возможных типов пластичного разрушения. Разрушение по типу *A* характерно для монокристаллических образцов металлов с гексагональной решеткой, в которых скольжение по плоскости базиса заканчивается разделением поверхностей образца путем среза (соскальзывания). Монокристаллы некоторых металлов с г. ц. к. решеткой разрушаются с образованием шейки, вырождающемся в линию — «лезвие ножа» (*B*). В других кристаллах с такой же решеткой (например, сплав медь-алюминий) шейки может практически отсутствовать, и разрушение происходит после интенсивного скольжения с образованием грубых полос деформации (*B*). У поликристаллических образцов высокопластичных металлов с г. ц. к. решеткой сужение поперечного сечения перед

разрушением составляет 100%; шейка в этом случае превращается в точку (Г). В случае менее пластичных поликристаллических образцов образуется наиболее характерный излом, происходит так называемое разрушение типа конус — чашечка (Д).

Влияние структуры и состава на процесс разрушения.

Важное свойство материала, обуславливающее его склонность к хрупкому разрушению,— это подвижность дислокаций. Те кристаллические тела, в которых дислокации сильно закреплены и могут быстро перемещаться лишь при высоких напряжениях, склонны к хрупкому разрушению при низких температурах или ударном нагружении. В этих условиях пластическое течение не может обеспечить релаксацию напряжений перед вершиной трещины, и происходит разрушение путем скола (отрыва).

Подвижность дислокаций зависит от прочности их блокировки примесными атомами, а также, от противодействия кристаллической решетки их движению. Введение в железо углерода или азота способствует закреплению дислокаций и увеличивает склонность к хрупкому разрушению. Легирование марганцем, взаимодействующим с атомами азота, или сильными карбидо-образователями, связывающими углерод, уменьшает блокировку дислокаций в железе и понижает порог хладноломкости.

Сравнительный анализ склонности металлов и сплавов с различными кристаллическими решетками к хрупкому разрушению при понижении температуры показывает, что резкое увеличение сопротивления пластической деформации (рост предела текучести) наблюдается в металлах с о. ц. к. решеткой, в меньшей степени — в металлах с гексагональной плотноупакованной решеткой и в незначительной степени — в металлах с г. ц. к. решеткой. По-видимому, повышенная склонность к хладноломкости металлов и сплавов с о. ц. к. решеткой обусловлена влиянием даже ничтожных количеств примесей, образующих твердые растворы внедрения. В этой решетке внедрение атомов примесей вызывает сильное и, главное, несимметричное ее искажение, что определяет прочную блокировку дислокаций и затрудняет пластическую деформацию.

Влияние легирования может проявиться и в изменении сопротивления решетки движению свободных дислокаций. Примеси могут не только вызывать блокировку дислокаций, но и сегрегировать на границах зерен, снижая энергию сцепления между зернами до значений, меньших, чем эффективная поверхностная энергия скола. В этом случае происходит хрупкое межкристаллитное разрушение, и таким способом можно перевести в хрупкое состояние даже пластичные металлы с г. ц. к. решеткой. Если количество примеси достаточно для образования в сплаве второй фазы, то большое значение имеет форма и распределение этих частиц, а также их ориентировка относительно действующего напряжения. Выделения пластинчатой формы — более опасные концентраторы напряжений, чем глобулярные. Так, графитовые прожилки в структуре серого чугуна делают его хрупким и резко снижают прочность при растяжении. Высокопрочный и ковкий чугуны с шаровидными или хлопьевидными включениями графита обладают значительно большей вязкостью и прочностью.

Измельчение зерна в поликристаллических агрегатах увеличивает пластичность и снижает порог хладноломкости. Для получения мелкозернистой структуры используют специальные режимы термической и термомеханической обработки, модифицирование расплавленного металла и другие методы. Одновременно с повышением вязкости измельчение зерна приводит к повышению прочности. В случаях обычной термической обработки упрочнение без измельчения структуры сопровождается повышением порога хладноломкости и увеличением хрупкости — деформационное старение (синеломкость).

Литература

Новиков И.И. Теория термической обработки М. —Металлургия 1987г. 220с

КОМПЕНСАЦИЯ ИЗБЫТКА МЕТАЛЛА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКЕ КОРПУСА РАСПЫЛИТЕЛЯ

Казанцева Ю.Е., Савостина К.С. – студенты, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор, Дунаев К.Ю., Штильников А.А. – аспиранты
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При штамповке поковок с фасонным хвостовиком типа корпуса распылителя может быть использован также метод компенсации избытка металла в технологическую полость, сформированную в самой заготовке в предыдущем ручье (рис. 1).

Для этого рассчитывают геометрические параметры компенсационной полости, которые обеспечивают противодействие затеканию металла в полость, превышающее сопротивление деформации, необходимые для формообразования поковки.

С использованием теории планирования эксперимента проведено исследование влияния геометрических параметров компенсационной полости на её заполняемость при горячей штамповке выдавливанием.

В качестве параметра оптимизации модели компенсации избытка металла принимают длину стержневого элемента поковки с фасонным хвостовиком на конце (рис. 1).

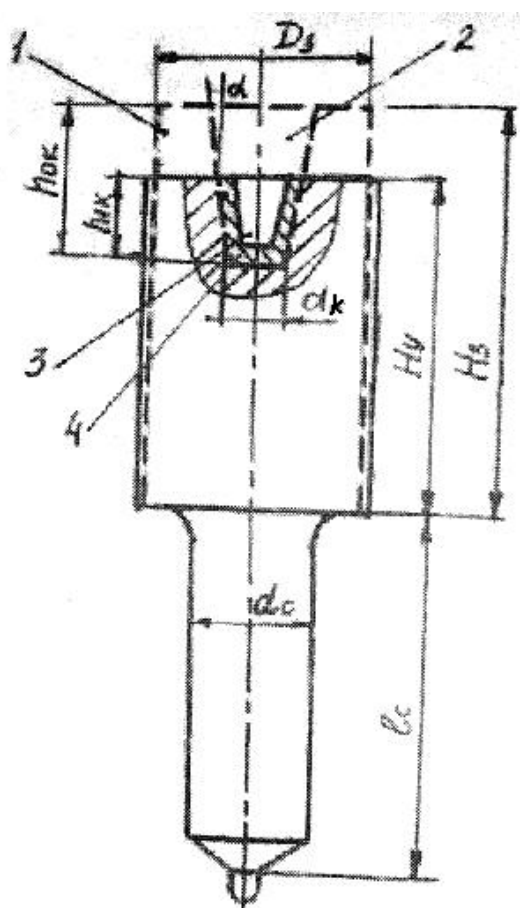


Рисунок 1 - Геометрические параметры компенсационной полости до и после формообразования поковки. 1 – заготовка, 2 – компенсационная полость в заготовке, 3 – компенсационная полость в поковке, 4 – избыток металла, размещенный в компенсационной полости

Модель заполнения компенсационной полости (КП) в общем виде может быть описана степенной функцией вида:

$$l_c = c \cdot (H_2 / h_{ок})^{\beta_1} \cdot (D_3 / d_k)^{\beta_2} \cdot (1/2)^{\beta_3} \quad (1)$$

где H_3 и $h_{ок}$ - соответственно высоты заготовки и КП в исходном состоянии.

D_3 и d_k - соответственно диаметров заготовки и КП (см. рис. 1) ;

α - угол уклона стенок КП;

$c_1, \epsilon_1, \epsilon_2$ и ϵ_3 - коэффициенты уравнения регрессии.

Заполняемость полости можно оценить коэффициентом

$$K_3 = \frac{V_{ок} - V_{1к}}{V_{ок}} = 1 - \frac{V_{1к}}{V_{ок}}, \quad (2)$$

где $V_{ок}$ и $V_{1к}$ - объемы компенсационной полости соответственно до и после формообразования поковки (рисунок 1).

В связи с тем, что определение величины конечного объема затруднено вследствие искажения формы свободной полости компенсатора, значение объема $V_{1к}$ получим из следующих геометрических соотношений. Объем заготовки V_3 равен

$$V_3 = F_3 H_3 - V_{ок}, \quad (3)$$

где F_3 - площадь сечения заготовки; H_3 - высота заготовки.

Объем поковки

$$V_n = F_y H_y + V_c - V_{1к}, \quad (4)$$

где F_y - площадь сечения утолщения поковки; при небольшой разнице диаметров заготовки и утолщения поковки $F_3 \approx F_y$; H_y - высота утолщения поковки; V_c - объем выдавленного стержня.

Учитывая, что $V_3 \approx V_n$, из выражений (2) ÷ (4) получим

$$K_3 = [F_3(H_3 + H_y) - V_c] / V_{ок}. \quad (5)$$

При задаваемых параметрах $h_{ок}$, d_k , d_c и α (см. рис.1) коэффициент заполняемости K_3 , определяемый по формуле, является функцией объема V_c , линейно зависящего от длины стержня l_c .

Таким образом, модель процесса заполнения полости компенсатора при прямом выдавливании как основной элемент включает функцию изменения l_c .

При проведении опытов с использованием горячих алюминиевых образцов реализован план эксперимента типа 2^{3-1} .

После обработки экспериментальных данных получено:

$$l_c = 8,82(H_3/h_{ок})^{0.15} \cdot (D_3/d_k)^{0.17} \cdot (1/\alpha)^{0.10}. \quad (6)$$

В результате анализа влияния геометрических параметров компенсатора на коэффициент заполняемости, рассчитанный по формуле (5) с использованием зависимости (6), можно сделать следующие выводы:

1) наибольшее влияние на заполнение внутреннего компенсатора оказывает соотношение диаметров заготовки и компенсационной полости;

2) с увеличением относительной глубины компенсационной полости коэффициент заполняемости уменьшается;

3) максимальная заполняемость компенсатора наблюдается в диапазоне изменения относительного диаметра полости, равном $0,5 \div 0,6$, при всех значениях $h_{ок}/H_3$.

ПРИНЦИП ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНОТОННОСТИ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ПОЛОСТИ ШТАМПА

Дунаев К.Ю.- аспирант, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор,

Штильников А.А.-аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проблемы малоотходной объемной штамповки на сегодняшний день наиболее актуальны в сфере совершенствования технологии. Получение качественной поковки по структуре, однородности строения волокон и распределению прочностных параметров во всем объеме

является первостепенной задачей современного проектирования процессов малоотходной горячей штамповки.

Рассмотрим случай, когда длинномерная цилиндрическая заготовка одним концом установлена в матрице, другая часть заготовки помещена в полость подпружиненной втулки таким образом, чтобы при высадке получилось утолщение большего диаметра (рисунок 1).

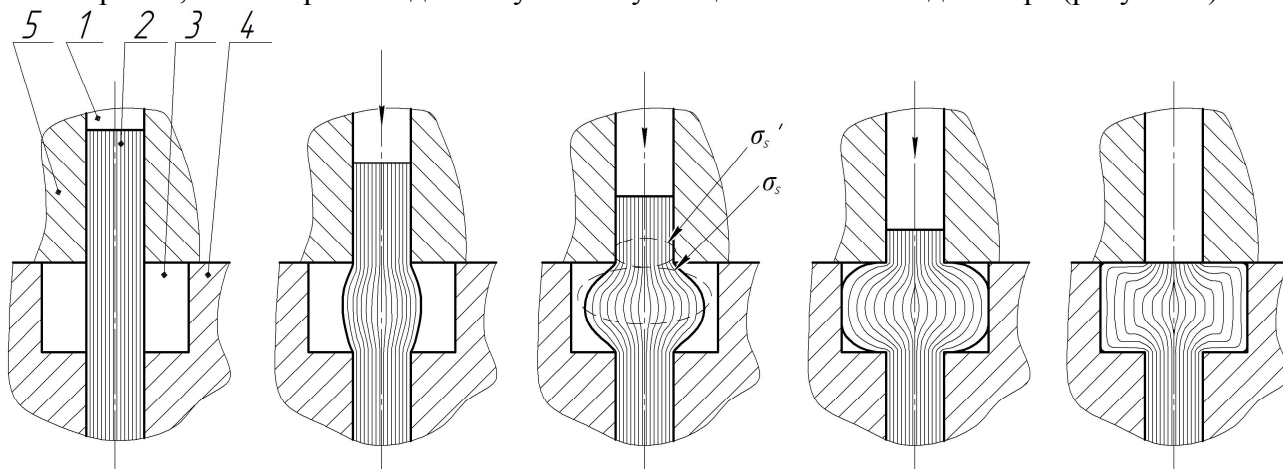


Рисунок 1 – Строение волокон поковки в процессе деформации металла: 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – полость штампа; 4 – матрица; 5 – подпружиненная втулка

Из теории обработки металлов давлением известно, что сопротивление деформации зависит от факторов, основными из которых являются температура нагрева, степень деформации металла и химический состав. Последнее в данном процессе не изменяется, поскольку рассматривается металл с постоянным химическим составом. Часть заготовки в полости штампа подвергается деформации, что ведет к упрочнению металла, т.е. сопротивление деформации возрастает. Поэтому часть заготовки предварительно нагрета для снижения удельного усилия деформации и увеличения предельной степени деформации металла.

Для монотонного заполнения полости штампа необходимо чтобы сопротивления деформаций в полости штампа и в стержневой части, поступающей в очаг деформации, были равны. Выразим сопротивление деформации металла в полости штампа σ_s через функцию во времени f_t , зависящую от температуры нагрева T_δ , степени и скорости деформации ε и ξ соответственно:

$$\sigma_s = f_t(T_\delta; \varepsilon; \xi). \quad (1)$$

Металл поступает в полость штампа не деформированным, а значит степень деформации у него постоянна, равна нулю и учитывать ее не следует, тогда функция f_t' сопротивления деформации σ_s' на границе очага будет выглядеть следующим образом:

$$\sigma_s' = f_t'(T_\delta'; \xi'). \quad (2)$$

Если не рассматривать в первом приближении изменение температуры во время деформации из-за контакта металла с инструментом; деформационного разогрева и теплопередачи от более нагретого участка к менее нагретому, то можно сформулировать условие монотонного течения металла в процессе заполнения полости штампа:

$$f_t(T_\delta; \varepsilon; \xi) = f_t'(T_\delta'; \xi'). \quad (3)$$

Если это условие будет выполняться во все время деформации, то металл, который поступает в полость, образует однородную среду с металлом, который уже находится в полости штампа, вследствие чего и происходит монотонное заполнение полости. Структура металла получается однородной. Строение волокон симметричное, а отсутствие дефектов и равномерность распределения твердости по всему сечению поковки позволяет получать детали высокого качества. Чтобы этого добиться, необходимо применить градиентный нагрев.

На рисунке 2 представлен упрощенный пример построения графика по формуле (3). Здесь изображена зависимость параметров штамповки низкоуглеродистой стали, позволяющая найти необходимую температуру на границе очага деформации и металла поступающего в полость штампа в любом положении пуансона (путь определения показан пунктиром).

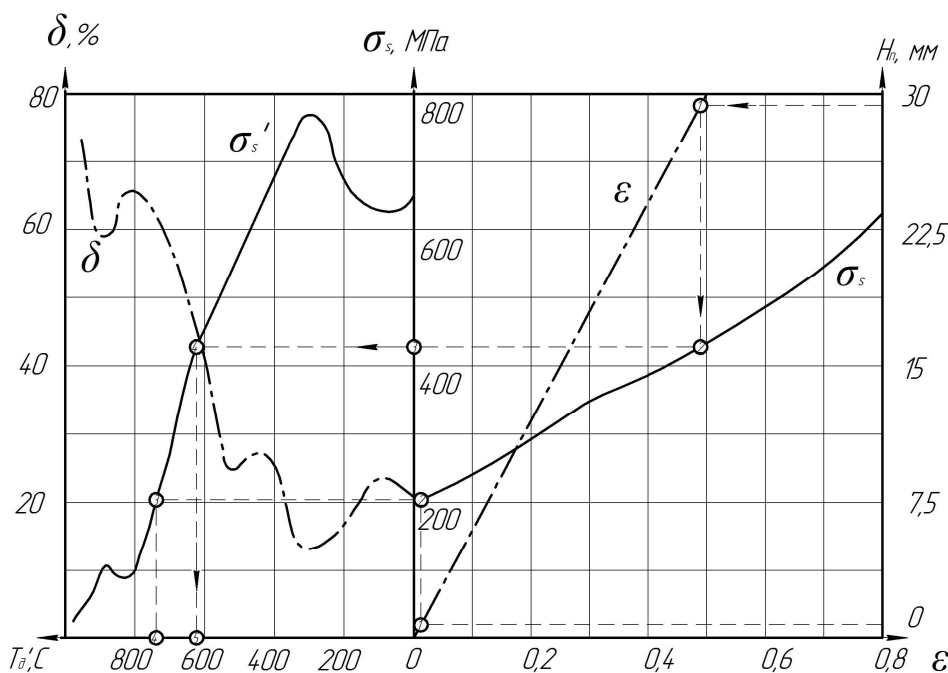


Рисунок 2 – График зависимости параметров штамповки низкоуглеродистой стали: H_n – ход пуансона, мм; δ – допустимая степень деформации, %.

В итоге мы получаем график нагрева концевой участка заготовки, реализация которого позволяет обеспечить монотонное заполнение полости штампа (рисунок 3).

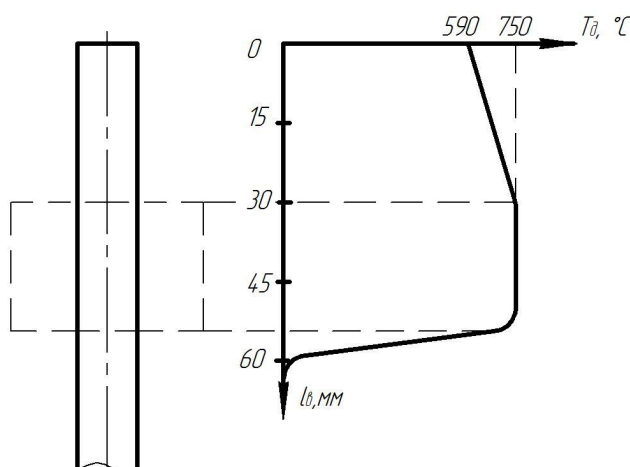


Рисунок 3 – Изменение температуры концевой участка заготовки в процессе заполнения полости штампа: l_0 – длина высаживаемой части заготовки

Однако при расчете мощности и режимов нагрева, необходимо учитывать и другие теплофизические и технологические параметры процесса штамповки, обеспечивающие монотонность процесса заполнения полости штампа.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ ДЛЯ ВОЛОЧИЛЬНЫХ РОЛИКОВ

Гергер М.В. – студент, Сизова А.Е. – аспирант,

Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Производительность и качество ПК во многом зависит от волочильных роликов. Вследствие высоких контактных нагрузок, значительных сил трения в поверхности инструмента, к волочильным роликам предъявляются высокие требования по точности размеров

и форм. Правильный выбор марки стали для изготовления роликов определяет стабильность формоизменения профиля ПК и стойкость инструмента.

Из большой группы штамповых сталей для холодного деформирования металла выделяются высокопрочные стали, используемые с высокими удельными силами и динамическими нагрузками (6Х4М2ФС-Ди55, Х6ВФ ГОСТ 5950-00 и быстрорежущая сталь Р6М5). Для получения высокой прочности эти стали должны иметь мелкое зерно и сравнительно небольшое количество карбидной фазы при ее равномерном распределении. Повышенное сопротивление пластической деформации достигается получением твердости HRC 58...62, если в структуре отсутствует остаточный аустенит.

Износостойкость можно повысить химико-термической обработкой (азотирование, карбонитрация и др.), которая создает на поверхности слой с твердостью HRC 70...75. При этом повышается усталостная прочность вследствие объемных напряжений сжатия.

Заготовку получают ковкой из круга 80...100 мм. с осадкой на круг диаметром 180 мм. Для повышения твердости, износостойкости, контактной прочности и выносливости инструмента выполнено упрочнение поверхности роликов карбонитрацией (Табл. 1)

Таблица 1

Стойкость волочильных роликов в зависимости от режимов термообработки и карбонитрации.

№ п/п	Марка стали	Температура, °С		Твердость HRC	Стойкость, метр	
		Заковки	Отпуска		Сталь 20Х13	
					без карбонитрации	после карбонитрации
1	Р6М5	1180	580	59-61	1580	2800
2	Х6ВФ	1100 + 960	520	56-58	1400	2600
3	6Х4М2ФС	1040	540	58-60	1560	3200

Обработка стали при карбонитрации дает на поверхности слой, имеющий гексагональную структуру, присущую нитриду железа Fe_4N и карбиду железа Fe_3C - карбонитридная фаза $Fe_{3-4}(NC)$. Глубина слоя - фазы $Fe_3(NC)$ зависит от температуры процесса и длительности насыщения при твердости HV 1158...1513.

Применение карбонитрации для обработки деталей обеспечивает повышение усталостной прочности на 50...80%, повышение сопротивления износу по сравнению с цементацией, нитроцементацией, азотированием. Полученные на поверхности нитридные фазы даже при отсутствии смазки не проявляют склонности к схватыванию.

Производственные испытания волочильных роликов после карбонитрации показали повышение стойкости инструмента от 1,5 до 3-х раз.

Выводы:

1. Изготовлены и проведены испытания опытных волочильных роликов из инструментальных сталей Х6ВФ, 6Х4М2ФС и Р6М5.

Литература:

1. Околович А.Г. Исследование технологии изготовления стальных поршневых колец. Ползуновский вестник / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, № 1-2, 2009, С.256-259.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРЕСТОВИН

Савостина К.С., Казанцева Ю.Е. – студенты, Дунаев К.Ю. – аспирант
Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для производства поковок типа автомобильных крестовин разработан способ штамповки в матрицах с горизонтальным разъемом [1].

Нагретую до ковочной температуры заготовку размещают на торце выталкивателя 1 (рис.1), который опирается на балку 2, жестко связанную тягами 3 с верхней матрицей 4.

При формировании поковки 5 посредством пуансона 6 усилие штамповки (P) передается через выталкиватель 1, балку 2 и тяги 3 на верхнюю матрицу 4, которая силой Q прижимается к нижней матрице 7, опирающейся на нижнюю плиту 8 (рис.1). Таким образом, сила Q сжатия матриц 4 и 7 будет пропорционально расти с увеличением усилия штамповки P .

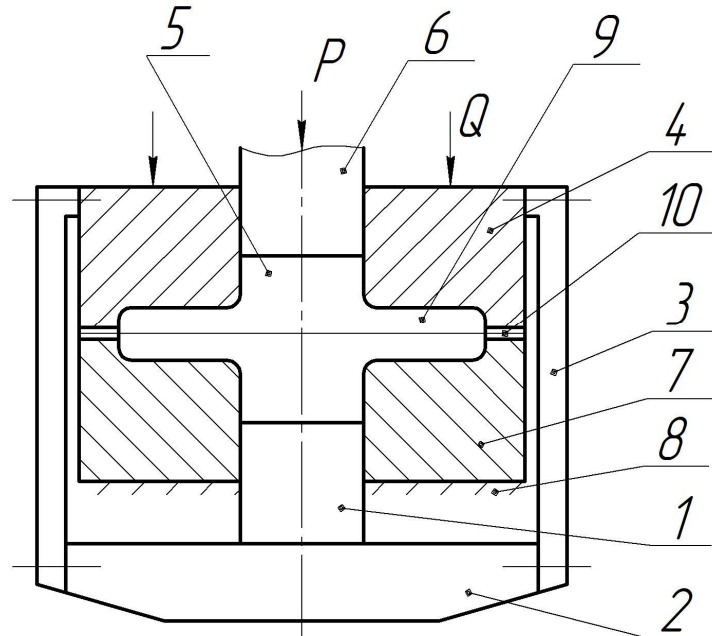


Рисунок 1 – Штамп с горизонтальной плоскостью разъема

После формирования отростков 9 избыток металла вытесняется в компенсационные полости 10.

Модель процесса штамповки реализована алгоритмом (рис.2).

В блоке 1 вводят исходные данные: D_c и H_n – соответственно диаметр ступицы и высота поковки, мм; d_n и l_n – диаметр и длина отростка крестовины; d_k и l_k – диаметр и длина компенсационной полости; T_0 , °С – температура штамповки; σ_{st} – сопротивление деформации (предел прочности) в момент окончания штамповки, МПа. Затем, в блоке 2 по эмпирической формуле определяют усилие штамповки (P) [2]:

$$P = \sigma_t \left(0,9 + 1,5 \ln \frac{H_n}{r} + 12 \frac{r}{D_c} - 2,5 \frac{H_n}{D_c} + 1,9 \frac{H_n^2}{D_c^2} \right) f_n, \text{ кН} \quad (1)$$

где r – радиус закругления стенок в полости матрицы, мм; f_n – площадь проекции поковки в плане, мм².

Далее в блоке 3 рассчитывают давление (p) на торце выталкивателя, а в блоке 4 определяют усилие (Q) зажима матриц:

$$Q = p \cdot f_{si}, \quad (2)$$

где f_{si} – площадь торца выталкивателя, мм²; $i=1, \dots, n$ – номера площадей торца выталкивателя; n – количество номеров. С возрастанием номера увеличивается площадь торца выталкивателя.

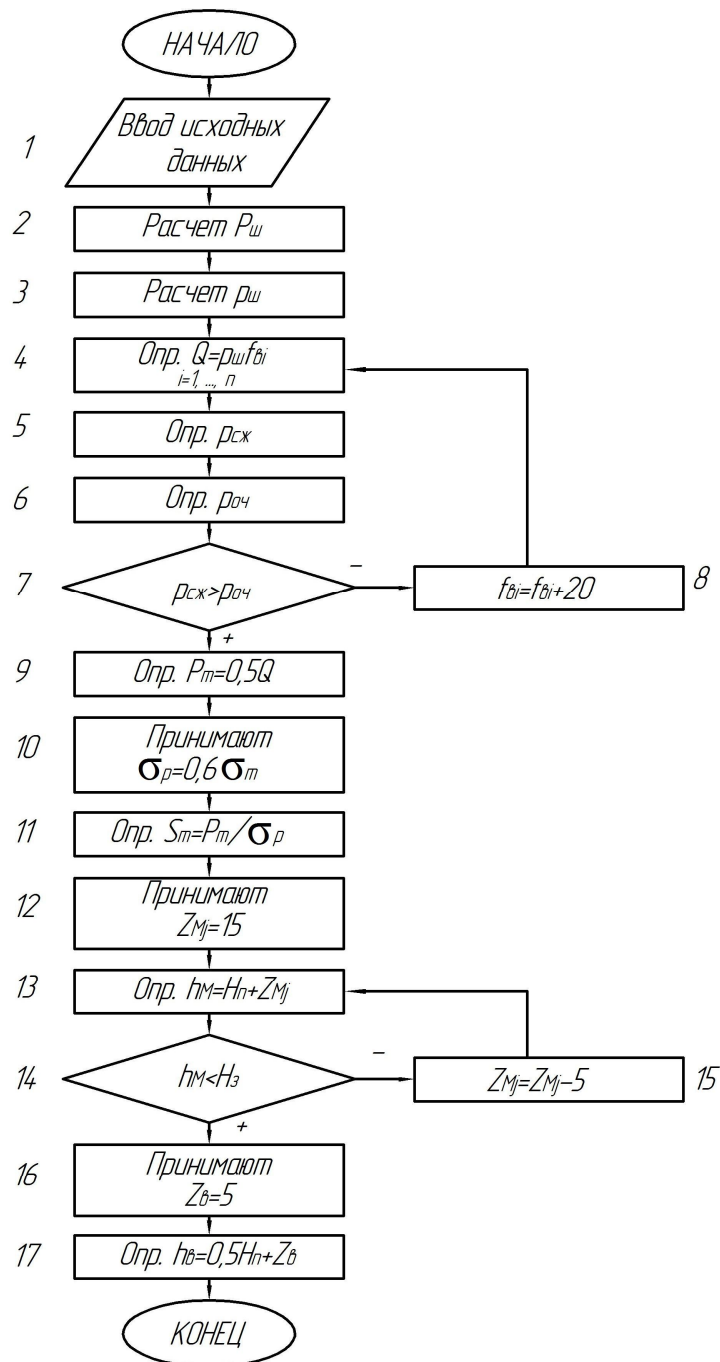


Рисунок 2 – Алгоритм процесса штамповки крестовин

В блоках 5 и 6 определяют соответственно давление ($p_{сж}$) матриц и распорное давление ($p_{оч}$) металла в очаге деформации на стенки ручьев матриц. В блоке 7 проверяют условие $p_{сж} > p_{оч}$. Если условие не выполняется, то в блоке 8 увеличивают площадь торца выталкивателя (f_{θ}) за счет приращения припуска на диаметр (D_c) нижнего торца ступицы поковки и в блоке 4 пересчитывают усилие Q зажима матриц. Если условие блока 7 выполняется, то в блоке 9 определяют усилие (P_n), передаваемое одной тягой, равное половине усилия Q .

Чтобы исключить остаточную деформацию тяг, принимают рабочее напряжение в тяге равным

$$\sigma_p = 0,6 \cdot \sigma_m, \quad (\text{блок 10}) \quad (3)$$

где σ_m – предел текучести материала тяг, МПа.

Затем, в блоке 11 определяют величину площади сечения (S_m) тяги.

В блоке 12 принимают зазор между верхним торцом поковки после ее выталкивания и контактной поверхностью верхней матрицы, необходимой для удобства удаления поковки,

равным $Z_M=15$ мм и определяют ход верхней матрицы (h_M) (блок 13). Если ход верхней матрицы окажется больше или равным высоте (H_3) заготовки (блок 14), то следует уменьшить зазор $Z_{Mj}, j=1, \dots, k$ – номера значений зазора Z_M (блок 15) на шаг варьирования в 5 мм. Это необходимо для обеспечения фиксации заготовки в полости верхней матрицы перед началом штамповки.

Если условие блока 14 выполняется, то принимают величину зазора (Z_6) между балкой, на которой смонтирован выталкиватель, и нижней плитой $Z_6=5$ мм (блок 16) и определяют ход (h_6) выталкивателя (блок 17).

Использование усилия формирования поковки для зажима матриц позволяет создать саморегулируемую замкнутую силовую систему, обеспечивающую надежный зажим матриц, так как усилие зажима матриц посредством усилия формирования поковки непосредственно связано с раскрывающими усилиями, воспринимаемыми матрицами в течение всего процесса деформирования, что исключает образование заусенцев в разъеме матриц. В результате повышается качество поковок. Кроме того, возрастает стойкость штампа, снижается энергоемкость процесса штамповки, не требующего дополнительного усилия на сжатии упругого элемента для зажима матриц, как это обычно осуществляется.

Литература

1 Патент РФ №2399456. Способ штамповки поковок типа крестовин. Поксеваткин М.И., Дунаев К.Ю., Мамонтов М.С., Поксеваткин Д.М.

2 Соколов Н.Л. Горячая штамповка выдавливанием стальных деталей /Н.Л. Соколов. – М.: Машиностроение. 1967. – с.62.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЪЁМНО ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ПРУЖИН ВАГОНОВ В УСЛОВИЯХ ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Козлов Р.В. – студент, Огневой В.Я. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

На сегодняшний день низкое качество пружин для железнодорожных вагонов, заставляет принимать решение об организации альтернативного производства пружин для тележек грузовых вагонов. Существует нестандартный путь по изготовлению пружин грузовых вагонов с применением объемно-поверхностной закалки из сталей пониженной и регламентированной прокаливаемости.

Метод объемно-поверхностной закалки (ОПЗ) был разработан в 60-х годах XX века. В настоящее время его успешно используют для упрочнения многочисленных ответственных тяжело нагруженных деталей, используемых в машиностроении.

Пружины, изготовленные по технологии объемно-поверхностной закалки, имеют градиент твердости по сечению прутка, в результате чего улучшаются их основные технические и эксплуатационные характеристики.

Принцип метода ОПЗ заключается в использовании регулируемой прокаливаемости стали для получения эффекта поверхностного упрочнения деталей при одновременном повышении прочности глубинных слоев и сердцевины изделий [1].

Опыт применения ОПЗ показывает, что этот метод является экономически эффективным, так как обеспечивает следующее:

- повышение долговечности и надежности деталей, что дает возможность увеличить их ресурс, сократить расход запасных частей;
- экономию электроэнергии, топлива, минерального закалочного масла и других материалов, расходуемых в процессе термической обработки;
- уменьшение необходимых производственных площадей ввиду высокой производительности и компактности индукционных установок, отсутствия оборудования для приго-

товления контролируемых насыщающих и защитных газовых атмосфер, хранения и перекачки масла;

- отсутствие расходов на специальные природоохранные мероприятия в связи с экологической чистотой процессов ОПЗ, не сопровождающихся техногенными выделениями, загрязняющими окружающую среду [2].

На ОАО «Алтайвагон» существует линия по производству пружин из стали 55С2. Условия и производственные мощности позволяют перейти на пружины из стали 55ПП или 55РП. Для этого следует произвести частичную или полную замену оборудования. Предлагается так же использовать газовую печь для нагрева заготовок, что существенно скажется на цене готовой продукции.

Основными этапами производства пружин на навой линии являются следующие этапы:

- сквозной нагрев в газовой печи заготовок;
- оттяжка концов заготовок в двух плоскостях, что обеспечит более благоприятную эпюру напряжения в эксплуатации по сравнению с оттяжкой на конус;
- выравнивание температуры по длине заготовок с оттянутыми концами;
- навивка пружин;
- закалочное охлаждение быстро движущимся потоком воды;
- низкотемпературный отпуск и подстуживание до температуры цеха;
- операция обжаривания;
- шлифования опорных витков пружин (при необходимости);
- операции геометрического контроля, снятия силовых характеристик и передача на окраску пружин.

Особенность одной линии - возможность производства широкой номенклатуры пружин для грузовых вагонов (включая перспективные вагоны с нагрузкой 25-30 тс/ось). Оборудование, используемое на линии, является быстропереналаживаемым.

Широкое внедрение пружин, изготовленных по разработанной технологии объемно-поверхностной закалки, позволит повысить надежность тележек грузовых вагонов. Данный показатель будет обеспечен за счет высокого уровня статической прочности, релаксационной стойкости и циклической долговечности пружин, что, в свою очередь, позволит обеспечить увеличение срока эксплуатации, сокращение времени простоя вагонов в неисправном состоянии из-за изломов пружин, увеличение плавности хода [3].

Внедрение новой линии или модернизация старой, позволит решить вопросы ресурсосбережения за счет применения экономно легированных марок сталей, применения экологически чистой закалочной среды и улучшения эксплуатационных свойств деталей. Достоинства пружин, изготовленных по технологии ОПЗ, уже в ближайшей перспективе позволят компании ощутимо снизить затраты в ходе проведения ремонтных регламентных работ.

Список литературы

1.Федин В.М. Объемно - поверхностная закалка деталей подвижного состава и верхнего строения пути // М.: Интекст, 2002 г. с. 208.

2.Федин В.М. Объемно - поверхностное упрочнение деталей железнодорожного транспорта быстро движущимся потоком воды // МиТОМ. 1996 №9 с.2-6

3.Федин В.М. Объемно - поверхностная закалка пружин тележек грузовых вагонов из сталей пониженной и регламентированной прокаливаемости // Металловедение и термическая обработка металлов 2009 г. №11 с. 33

ОТПУСКНАЯ ХРУПКОСТЬ II РОДА

Гергер М.В.. – студент, Кураков Д.В. – аспирант,
Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Отпускная хрупкость присуща многим сталям. В результате медленного охлаждения с температуры высокого отпуска ударная вязкость легированной стали может оказаться в не-

сколько раз (и даже на порядок) меньше, чем после охлаждения в воде с той же температуры. На других механических свойствах при комнатной температуре состояние отпускной хрупкости практически не сказывается.

Нами выполнены исследования причин хрупкого разрушения черпакового пальца из стали 37ХНЗА при эксплуатации.

Макроанализ образца излома черпакового пальца (фото 1) показал на характерное строение трещины напряжения — зигзагообразный разрыв, идущий в глубь металла под прямым углом к поверхности, образуется вследствие напряжений, вызванных структурными превращениями в твердом металле, т.к на макрошлифе трещина напряжения проходит по границам зерен. Известно, что окисление и обезуглероживание дефекта происходит только при последующем нагреве [1].

Хромоникелевые стали 30ХНЗА, 37ХНЗА применяют для крупных деталей ответственного назначения. Высокие механические свойства приобретают после термоулучшения — закалки и высокого отпуска (500- 650⁰С), которые возможны лишь при обеспечении требуемой прокаливаемости в сечении до 150 мм. Кроме прокаливаемости в сталях важно получить мелкое зерно и не допустить развитие отпускной хрупкости [3]. для ее устранения в деталях большого сечения недостаточно быстрого охлаждения от температуры высокого отпуска. Поэтому хромоникелевые стали легируют молибденом (вольфрамом) — 30ХНЗМА, 38ХНЗМФА и др.

Для получения мелкого аустенитного зерна и ограничения сегрегаций (выделения) вредных примесей на высокоугловых границах и образование при отпуске более крупных кристаллов карбидов типа (Fe, Cr)₃C, что может послужить локализацией очага разрушения. Так как известно, что чем крупнее исходные зерна аустенита, тем ниже температура хрупкости в состоянии отпускной хрупкости, а развивающаяся межкристаллитная трещина реже меняет свое направление [2].

Действительно, при исследовании микроструктуры выявлены среднеигльчатый мартенсит и карбидные включения. Следовательно, выдержка и температура нагрева для закалки изделия были завышены.

В тоже время, независимо от степени развития отпускной хрупкости, кратковременный (несколько минут) повторный нагрев > 600 0С с последующим быстрым охлаждением может полностью ее устранить. Однако он не позволяет устранить отпускную хрупкость в центре массивных изделий.

Выводы:

1 Основная причина излома черпаковых пальцев из стали 37ХНЗА — отпускная хрупкость 2 рода при термической обработке:

а) перегрев при нагреве под закалку;

б) недостаточная скорость охлаждения после отпуска вследствие большого диаметра детали — 185 мм.

Литература:

1. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник. Т1, М., Metallургия, 1983, 351 с.

2. Новиков. И.И. Теория термической обработки металлов. М.:Машиностроение, 1978, 391с.

3.Б.Н. Арзамасов и др. Материаловедение. М. Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003, 646с.

Фотография черпакового пальца ϕ 185 мм.

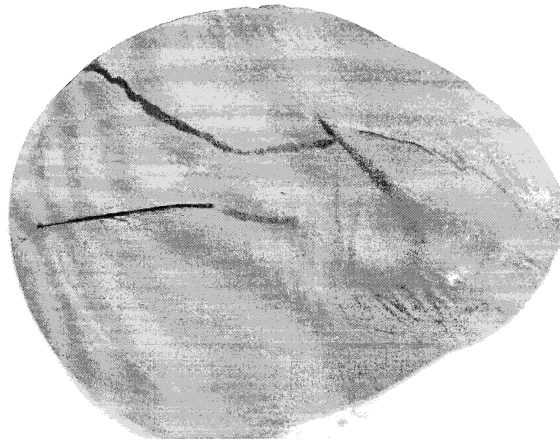


Фото — Трещины излома. Сталь 37ХНЗА

ШТАМПОВКА ИЗДЕЛИЙ С АКТИВИЗАЦИЕЙ КОНТАКТНЫХ СИЛ ТРЕНИЯ

Лукьянов П.В., Мешеряков А.А. – студенты,
 Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор, Дунаев К.Ю. – аспирант
 Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Важным направлением повышения эффективности процессов МГШ является использование активного действия сил контактного трения, позволяющее снизить деформирующее усилие, повысить стойкость штампа и качество изделия. [1]

Как известно [1], взаимосвязь кинематических и силовых условий на контактных поверхностях и в объеме очага деформации при плоском деформировании качественно описывается выражением:

$$A = A_1 + A_2 = \int_S \tau_s \cdot \Gamma \cdot dS + \int_0^R \tau_k u_x d_x, \quad (1)$$

где A, A_1 и A_2 - соответственно полная работа деформации, работа внутренних сопротивлений и работа сил контактного трения,

τ_s - напряжение сдвига,

Γ – интенсивность деформации сдвига;

τ_k - контактные напряжения трения;

u_x - контактное скольжение металла по оси X;

S – контактные поверхности заготовки;

R – радиус контактной поверхности заготовки.

При плоской осесимметричной деформации в условиях торможения контактных смещений (u_x):

$$\Gamma = \sqrt{4\varepsilon_x^2 + \gamma_{xz}^2}, \quad (2)$$

где ε_x и ε_z - относительная линейная деформация вдоль осей X и Z, γ_{xz} - полная сдвиговая деформация.

При таком контактном скольжении металла γ_{xz} существенно увеличивает интенсивность деформации сдвига, что обуславливает неравномерность деформации в объеме металла и рост работы внутренних сопротивлений A_1 . Одновременно уменьшается работа сил трения A_2 .

Согласно принципу минимума полной энергии деформации в объеме металла и на контактных поверхностях осуществляется такая кинематика, что $A_1 + A_2 = A_{\min}$.

При развитом контактном скольжении металла сдвиговая деформация $\gamma_{xz} \rightarrow 0$, а интенсивность деформаций сдвига $\Gamma \approx 2\varepsilon$, что соответствует равномерной деформации в объеме металла.

Эти положения реализованы, например, при обратном выдавливании стаканов [2]. В результате активизации контактных скольжений на дне матрицы посредством вращения выталкивателя деформирующее усилие снижается до 18%. При этом за счет существенного уменьшения сдвиговой деформации γ_{xz} и интенсивности Γ (соответственно и работы A_1) возможно утонение дна стакана, что позволяет сократить расход штампуемого металла, в том числе объем избытка металла.

Наибольший эффект дает выполнение на торце выталкивателя радиально расположенных впадин с глубиной, уменьшающейся по направлению к центру [3] (рисунок 1).

Перед подачей заготовки в полость матрицы 2 на торец выталкивателя 3 наносится технологическая смазка. В процессе деформации металла пуансоном 1 при вращательном движении дна матрицы 2 радиально расположенные волны 5 вызывают принудительное перемещение металла в стенки изделия 4 особенно из углов матрицы, где обычно создаются застойные зоны. Улучшение силовых и кинематических условий процесса за счет активизации контактных скольжений и смещения с объемов металла повышает ресурс пластичности металла и качество изделий.

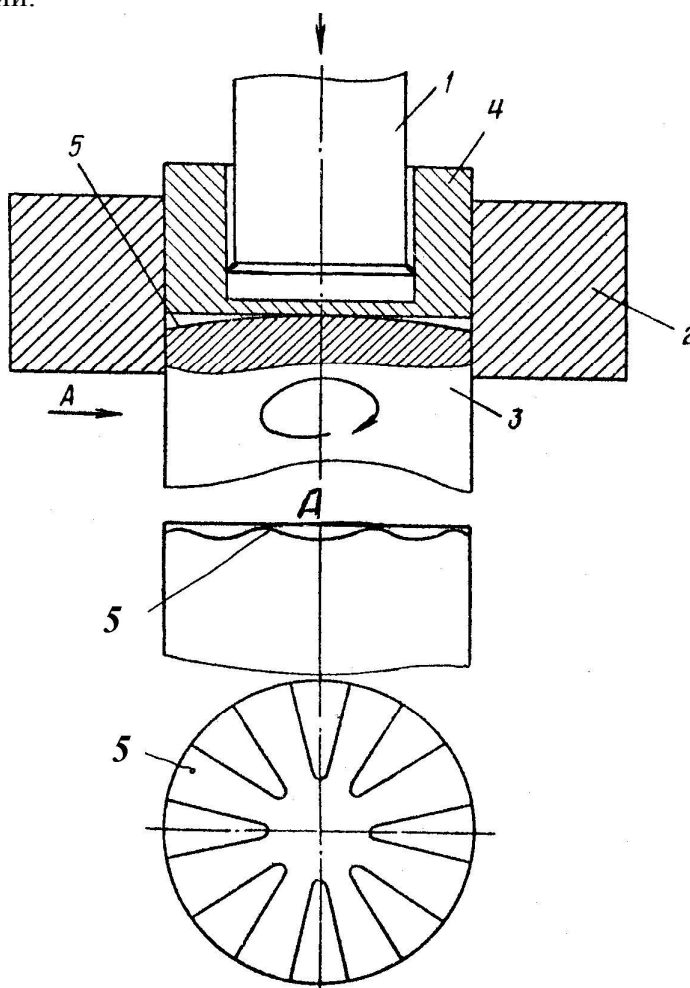


Рисунок 1 - Схема штамповки с вращением дна матрицы

Литература

1. Тарновский И.Я., Леванов А.Н., Поксеваткин М.И., Контактные напряжения при пластической деформации.- М.: Металлургия. 1966. – 220с.

2. А.С. № 677800 СССР. Штамп для выдавливания полых деталей / М.И. Поксеваткин, М.А. Седешев. Оpubл. 1979. Бюл. № 29.

3. А.С. № 969408 СССР. Штамп для выдавливания полых деталей / М.И. Поксеваткин, Оpubл. 1980. Бюл. №40.

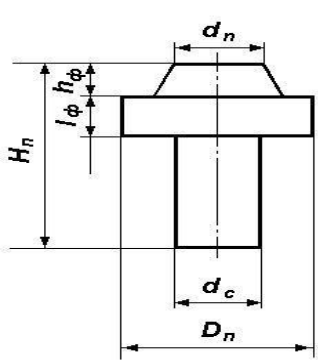
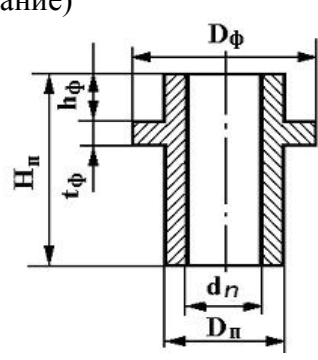
ПРИНЦИПЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОКОВОК ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОМУ ОБРАЗУ

Овчаров Г.А. – к.т.н., ассистент, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор,
Штильников А.А., Дунаев К.Ю. – аспиранты, Логинов А.С. – студент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для реализации автоматизированного выбора компенсационного устройства (КУ), на основе представленной кодированной параметрической характеристики поковки, построенной с использованием иерархической гибридной модели, необходимо, чтобы характеристика соответствующего КУ была построена по тому же принципу и её обобщенный код совпадал с кодом поковки.

Пример параметрической классификации горячештампованных поволоков по геометрическому образу представлен в таблице 1.

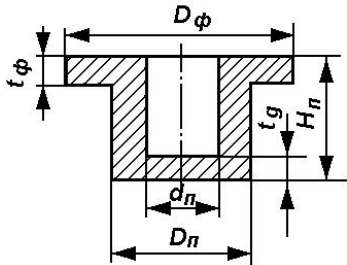
Таблица 1 – Параметрическая классификация типовых поволоков по геометрическому образу

Вид поковки/ Условное обозначение	Параметры	Значение параметров	Код параметров
1	2	3	4
Осесимметричные сплошные типа стержня с утолщением (выдавливание) 	Dn/Hn	0,6...2,8	
	Dn/dn	6,5...1,3	
	Dn/Dc	1,2...3,6	
	$tφ/Hn$	0,1...0,82	
	$(hφ+tφ)/Hn$	0,25...0,8	
	$hφ/Hn$	0,10...0,60	
П1			
Осесимметричные полые, типа фланцевых втулок (осаживание) 	Dn/Hn	0,5...3,5	
	Dn/dn	1,5...4,5	
	$Dn/Dφ$	0,3...0,9	
	$tφ/Hn$	0,1...0,7	
	$(hφ+tφ)/Hn$	0,2...0,9	
П2			

	$h\phi/Hn$	0,1...0,6	
--	------------	-----------	--

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Осесимметричные полые, типа стакана с фланцем	Dn/Hn	0,5...3,0	
	Dn/dn	1,5...4,5	
	$Dn/D\phi$	0,3...0,9	
	$t\phi/Hn$	0,1...0,6	
	tq/Hn	0,1...0,7	



ПЗ

Параметрическая гибридная модель поковок может быть представлена в виде $N = [N_{ij}]$, $i = 1, \dots, p$ - номер параметра признака, например, геометрического образа поковки; p - количество параметров; $i = 1, \dots, n$ - номер диапазона значений параметра признака; n - количество диапазонов, на которые разбит весь интервал значений параметра.

Код признака конкретной поковки, например, стержневой, описывается значением C_{ij} , фланцевой V_{ij}

Для идентификации КУ по соответствующим признакам поковки разработана иерархическая гибридная модель, методологическую составляют следующие принципы:

- адекватность признаков параметрических характеристик поволоки и КУ;
- возможность квалиметрии суммарной значимости признаков КУ в процессе идентификации;
- возможность верификации признаков поковки в иерархической последовательности.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ

Пьянков А.В.. – студент, Околович А.Г. – аспирант,

Околович Г.А – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Для получения сложного профиля **маслосъемного кольца** необходимо многократное волочение (Рис.1).

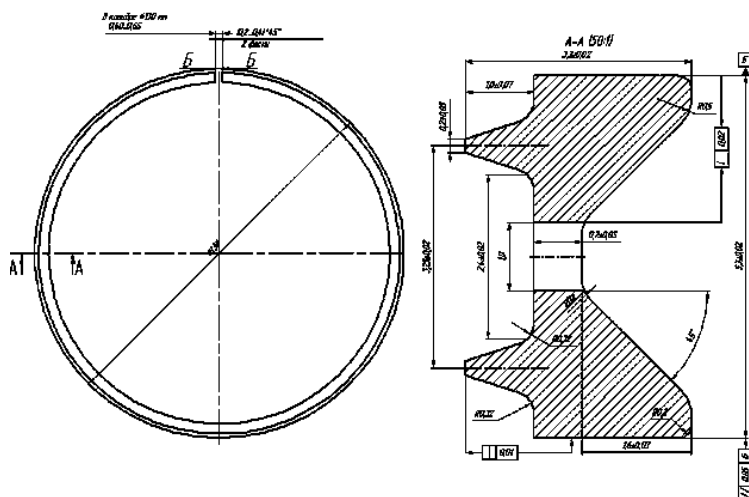


Рисунок 1 – Маслосъемное кольцо

Количество переходов волочения обусловлено получением изделий с заданными прочностными характеристиками и высокими требованиями к поверхности, так как увеличение числа переходов способствует удалению мелких поверхностных дефектов и снижению шероховатости поверхности.

С целью получения повышенной производительности и стойкости инструмента величину единичного обжатия, вследствие упрочнения металла на каждом переходе, постепенно уменьшают. Однако, уменьшение обжатия должно быть строго согласованно с кривой упрочнения металла таким образом, чтобы сопротивление деформации в каждом переходе были равными или близкими по величине. При этом единичное обжатие не должно превышать величину 35...40%, а суммарное - 95% (Рис. 2).

С нарастанием степени общей деформации (ϵ_Σ) в процессе волочения, вследствие упрочнения металла, вытяжка за проход уменьшается. Чем меньше

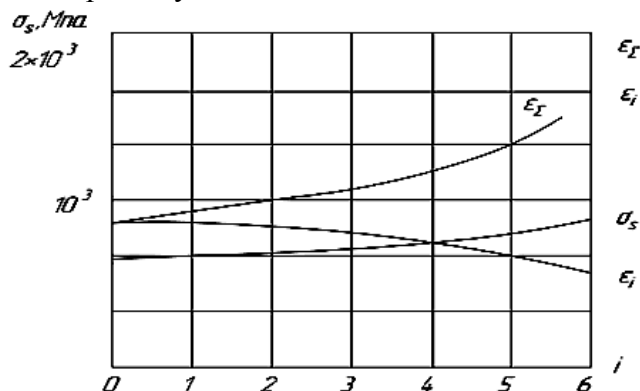


Рисунок 2 – Графики изменения σ_s , ϵ_Σ и ϵ_i по переходам

эти обжатия, тем медленнее нарастает сопротивление деформации, тем выше степень суммарной деформации и тем выше уровень механических свойств. Падение единичной степени деформации (ϵ_i) должно компенсировать рост кривой упрочнения (σ_s), что обеспечивает оптимизацию силовых условий процесса волочения.

Изготовление маслосъемных порошковых колец сложного профиля с перфорированными пазами производят протягиванием проволоки из стали 20X13 диаметром 5...6 мм через волочильные ролики

Первое деформационное упрочнение производят с обжатием 35...40% для получения высокой твердости и ориентированной структуры. После него осуществляют рекристаллизационный отпуск при температуре 660...680⁰С, 1 час для снижения твёрдости и повышения пластичности во избежание растрескивания при следующем деформационном упрочнении.

Второе и третье деформационное упрочнение протягиванием проволоки осуществляют с обжатием 20...30% и 10...15%, соответственно, необходимое для формирования профиля маслосъемного кольца с последующим рекристаллизационным отпуском при 660-680 °С в течение часа для снятия напряжений. Кроме того, после отпуска достигаются высокие степени обжатия, связанные с получением ориентированной структуры, что способствует равномерной деформации при волочении.

Четвертое деформационное упрочнение 15...20% обеспечивает необходимое деформационное упрочнение и получение заданного профиля. После чего выполняют пробивку перфорированных пазов и калибрующее обжатие 6...8% для получения готового профиля маслосъемного поршневого кольца с дальнейшей навивкой на оправку и термофиксаций при 500⁰С в течение одного часа

На оправке профиль разрезают на отдельные кольца, которые устанавливают в гильзу и в ней подвергают термостабилизации при температуре 550⁰С в течение часа для протекания процессов полигонизации, т.е. выравнивание дислокационных стенок.

Выводы:

2. Выполнен расчет переходов для получения заданного профиля П.К. по которому разработана конструкторская документация на изготовления волочильных роликов.

Литература:

2. Околович А.Г. Исследование технологии изготовления стальных поршневых колец. Ползуновский вестник / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, № 1-2, 2009, С.256-259.

3. Пат.2318645 РФ, МПК⁷ В23Р15/06. Способ изготовления стальных маслосъемных поршневых колец/ Околович Г.А., Карпов А.П., Околович А.Г.; заявитель и патентообладатель ООО «ЦРТ - Алтай» - №2005134301/02, заявл. 07.11. 05; опубл. 10.03.08, Бюл. №7.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТИПА ПОДШИПНИК ШАРОВОГО ПАЛЬЦА МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Савостина К.С. – студент, Огневой В.Я - к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул

При изготовлении подшипниковых узлов скольжения традиционными технологиями приходится проектировать и изготавливать достаточно сложную систему смазки трущихся поверхностей жидкими смазками – маслами. Вместе с тем известны примеры [1] изготовления подшипниковых изделий методом порошковой металлургии. Порошковая металлургия позволяет отказаться от применения жидких смазок путем введения в состав подшипника скольжения твердых смазок типа графита, дисульфида молибдена и других. Введение твердых смазок позволяет довести эксплуатационный ресурс подшипников до уровня ресурса узла в целом, т.е. перевести из в разряд так называемых «вечных».

Для разработки технологического процесса изготовления изделий типа подшипник шарового пальца во многом использован опыт и возможности цеха порошковой металлургии и лаборатории порошковой металлургии ЦЗЛ ОАО «Алтайский завод агрегатов».

Для создания порошковой смеси предложены следующие компоненты: Fe – основа; Графит – 0,8...0,9%; Cu – 1±0,1%; Cr – 0,8±0,1%; Ni – 1±0,1%; Дисульфид молибдена – 0,5±0,1%; Цинк стеариновокислый – 0,9±0,1%. В качестве источников компонентов в смеси использованы порошки:

- Порошок железный распыленный водой ПЖРВ-2.200.26 ТУ 14-1-3882-85
- Порошок графитовый ГК-1, ГК-2 ГОСТ 4404-78
- Порошок медный ПМС-В, ПМС-1 ГОСТ 4960-75
- Порошок хромовый ПХ-1 ТУ 1-14-74-75
- Порошок никелевый ПНК-2Т2 ГОСТ 9722-79
- Дисульфид молибдена ДМ-2 ТУ 48-19-133-75
- Цинк стеариновокислый ТУ 6-09-17-279-90

Смесь должна получаться марки – ЖГр0,5Д1,5Х0,8Ni2МС0,8.

Технология изготовления предлагается следующая:

- 1.Подготовка компонентов шихты на вибротельнице и вибросите;
- 2.Приготовление смеси в смесителе с последующим пропуском через вибросито. Смесь должна полностью проходить (без остатка) через сито 0315. Насыпная плотность смеси $d=2,65...3,15 \text{ г/см}^3$;
- 3.Прессование в холодной пресс-форме на гидравлическом прессе. Плотность прессовки $d=6,6...6,8 \text{ г/см}^3$;
- 4.Предварительное спекание в атмосфере N_2 – 25% и H_2 – 75%. Температура в печи по зонам: $700+20 \text{ }^\circ\text{C}$, $800+20 \text{ }^\circ\text{C}$, $700+20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 5.Второе прессование на гидравлическом прессе;
- 6.Окончательное спекание в толкательной печи в атмосфере N_2 – 25% и H_2 – 75%. Температура в зоне подогрева - $700\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, в основных зонах - $1200\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 7.Галтовка и последующее дорнование;
- 8.Термическая обработка: закалка с $880+10 \text{ }^\circ\text{C}$ в масло (температурой $20...50 \text{ }^\circ\text{C}$) с последующим отпуском $480+10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Микроструктура прессовки представлена на рисунке 1, а окончательная (после термической обработки) – на рисунке 2.

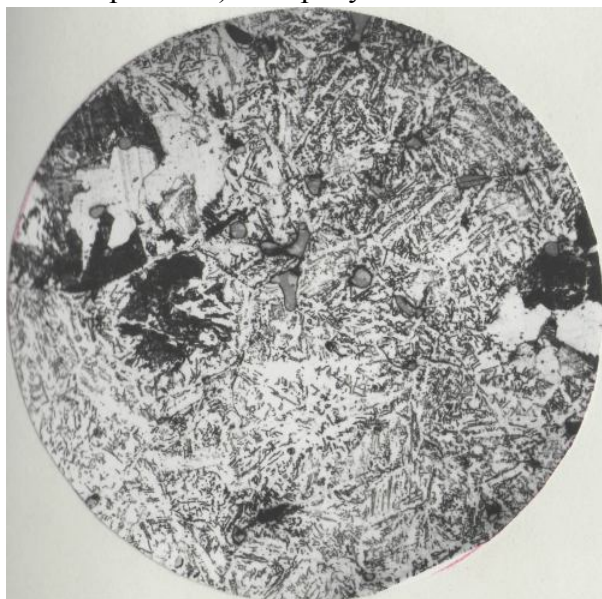


Рис. 1. Микроструктура прессовки: легированный феррит, перлит и дисульфид молибдена

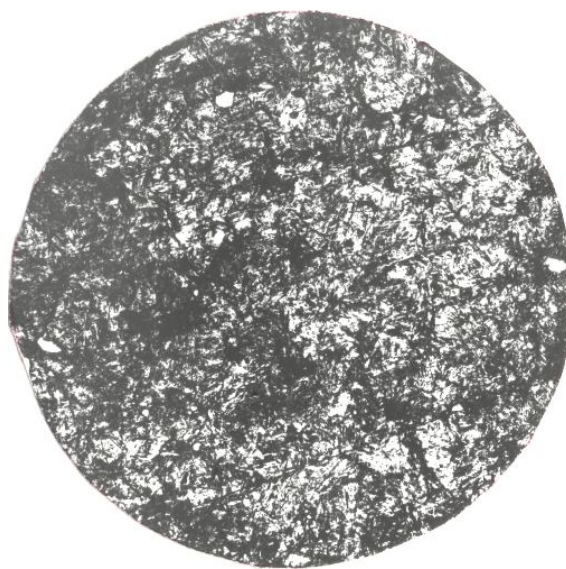


Рис. 2. Зернистый сорбит и дисульфид молибдена

Вывод:

Предлагаемая технология позволяет получать изделия, работающие в условиях трения скольжения без систем подачи жидкой смазки.

Литература:

1. Порошковая металлургия: Материалы, технология, свойства, области применения: справочник / под ред. И.М. Федорченко. – Киев: Наукова думка, 1985. – 624 с.

СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ СТАЛЕЙ

Сизова А.Е. – студент,, Околович А.Г. – аспирант,, Мустафина Т.В. – аспирант,
Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Эффект сверхпластичности при мартенситном превращении в сплавах железа сопровождается повышенной деформируемостью. Поскольку превращение аустенит-мартенсит имеет сдвиговый характер, его можно рассматривать как один из механизмов пластической деформации.

На сложнoleгированных инструментальных сталях ХВГ и Х12Ф1 обнаружено увеличение деформации прогибом в случае охлаждения образцов ниже точки M_s , а также известный в термической обработке метод правки изделий непосредственно в момент закалки.

Однако, если аномальная пластичность обусловлена мартенситным превращением, оно само по себе не является основным механизмом пластического течения. Максимальное удлинение наблюдается лишь в том случае, когда образованию мартенсита предшествует значительная пластическая деформация исходной фазы.

Идея применения мартенситного превращения в качестве механизма релаксации напряжений в высокопрочных сталях была впервые реализована Закеем и Паркером.

При исследовании процессов, происходящих при термомеханической обработке сталей, было обнаружено, что в углеродосодержащих легированных сталях в процессе теплой прокатки ниже температуры рекристаллизации могут выделяться карбиды. Выделение легированных карбидов приводит к обеднению твердого раствора легирующими элементами и соответственно к сдвигу точек M_H и M_D в область более высоких температур.

Высокая прочность сталей, подвергнутых термомеханической обработке, обеспечивается другими основными причинами: высокой плотностью дислокаций, закрепленных карбидными выделениями и последующим мартенситным превращением в ходе нагружения.

Процесс деформирования стали с мартенситной структурой, или марформинг, резко повышает пределы прочности и особенно текучести стали, при этом сохраняется пластичность, а также отмечается повышенное сопротивление хрупкому разрушению.

Таким образом, в результате марформинга повышается комплекс прочностных свойств и поэтому указанный процесс можно применять для обработки ответственных деталей.

Как следует из многочисленных экспериментальных исследований исключающих диффузию атомов углерода и других примесей в процессе закалки и последующих испытаний, «свежий» мартенсит закаленной стали отличается весьма низким сопротивлением малым пластическим деформациям. Если во время закалки успевают пройти процессы диффузионного перераспределения атомов углерода, приводящие к образованию сегрегаций и даже частиц карбидов, то и тогда сопротивление малым пластическим деформациям, хотя и возрастает, но остается на достаточно низком уровне.

Содержание углерода в стали и в аустените не всегда одинаковое, т.к. углерод входит в состав карбидов. Карбиды, сосуществующие с аустенитом, сами по себе не влияют на точку M_H . При повышении температуры закалки, когда карбиды растворяются в аустените и концентрация углерода в нем возрастает, точка M_H снижается.

Термическая стабилизация аустенита наблюдается только в тех сплавах на основе железа, которые содержат элементы внедрения: углерод и азот. Под термической стабилизацией исходной фазы понимают затруднение ее превращения в мартенсит в результате теплового воздействия.

Термическая стабилизация аустенита, которую обычно называют просто стабилизацией, наблюдается при остановке охлаждения в интервале мартенситного превращения ($M_H - M_K$).

Наиболее простой случай термической обработки, включающей термическую стабилизацию аустенита, можно наблюдать, когда точка M_H находится выше, а точка M_K – ниже комнатной температуры.

Деформация стабилизированного аустенита выше точки M_H вызывает мартенситное превращение в интервале температур $M_H - M_D$.

Эффект мартенситообразования под действием деформации нашел разнообразное практическое применение.

Износостойкость в условиях ударных нагрузок вязкой высокомарганцовистой аустенитной стали Г13Л (сталь Гатфильда) обусловлена образованием мартенсита в момент нагружения.

В 60-е годы появился новый класс высокопрочных сталей, так называемые трип – стали или ПНП – стали (ПНП – пластичность, наведенная превращением). Эти стали имеют точки M_H и M_D ниже комнатной температуры. В аустенитном состоянии при температуре 400 - 600°C трип – стали наклепывают для повышения прочности. При этом на дислокациях выделяются карбиды, аустенит обедняется углеродом, и точка M_D поднимается выше комнатной температуры. Такая сталь обладает сочетанием повышенной прочности и очень высокой пластичности.

Когда во время растяжения при комнатной температуре разрывного образца начинается локализация деформации, то под ее действием образуется мартенсит, упрочняющий образец в этом месте, и деформация распространяется на соседние участки аустенита. Таким образом, образование мартенсита под действием пластической деформации предотвращает развитие локализации деформации (образование шейки), чем обеспечивается высокое относительное удлинение (до 100 – 150%).

В отличие от микрозеренной сверхпластичности, сверхпластичность превращения можно наблюдать в материалах с любым размером зерна и при любых температурах, в том числе и низких.

Выводы:

Надежных доказательств действия тех или иных механизмов деформации, свойственных сверхпластичности превращения, крайне мало. Это объясняется, главным образом, трудностями использования прямых структурных методов непосредственно во время фазового превращения при непрерывном изменении структуры образца.

Список литературы:

1. Кайбышев О.А. Пластичность и сверхпластичность металлов / О.А. Кайбышев. – М.: Металлургия, 1975. – с. 211 – 236.
2. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. / Г.В. Курдюмов, Л.М. Утевский, Р.И. Энтин. – М., «Наука», 1977. – 238 с., ил.
3. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. – М.: Металлургия, 1978. – 390с.

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОУТХОДНОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ (МГШ)

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

Для оптимизации проектирования процесса МГШ принят модульный принцип построения технологического алгоритма. В этом случае процесс оптимизации формируется из ряда конкретных задач, описываемых моделью, целевой функцией, логическим построением и т.д.

Из формализованных технологических задач формируется блок программных модулей. Совокупность программных модулей, связанных между собой функциональной зависимостью и подчиненных единой цели, и составляет алгоритмическую оптимизационную систему – модель проектирования МГШ.

Так, применительно к оптимизационной системе проектирования технологического процесса штамповки выдавливанием, разработан восьмимодульный обобщенный оптимизационный алгоритм (рис. 1).

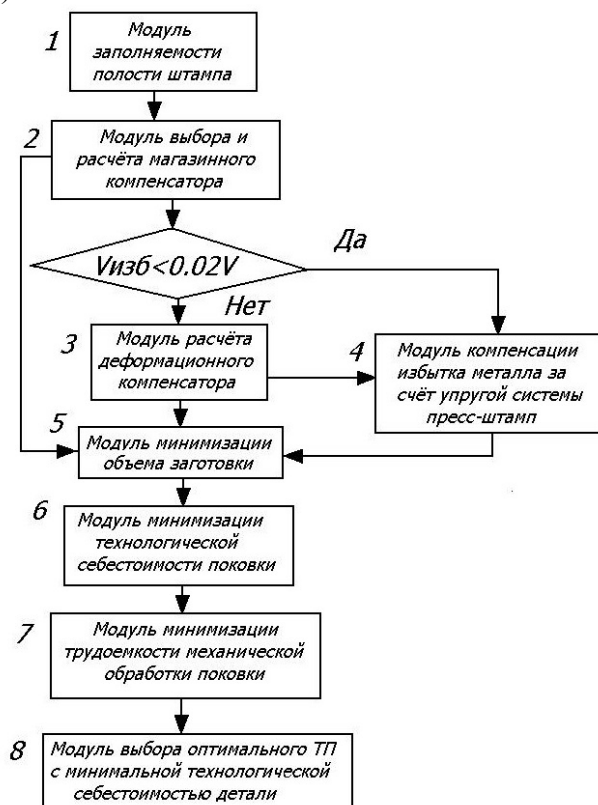


Рисунок 1 – Обобщенный оптимизационный алгоритм проектирования процесса МГШ

Алгоритм включает: модуль 1, основанный на модели заполняемости полости штампа:

$$l_c \geq \frac{\ln(b_y / r_1)}{\ln(D_n / d_n)} \cdot l_y + 0,08D_n[3(d_n/D_n)^2 + (d_n/D_n) - 0,7], \quad (1)$$

где l_c – длина стержневого (кольцевого) элемента, получаемого выдавливанием, мм;

l_y – величина недозаполнения угла матрицы при стабилизации очага деформации;

b_y – ширина очага деформации в углу матрицы в момент его стабилизации, мм;

r_1 – радиус закругления угла матрицы, мм;

D_n и d_n – соответственно диаметры поковки и стержневого элемента, мм;

модуль 2 выбора и расчета магазинного компенсатора; модуль 3 выбора и расчета деформационного компенсатора; модуль 4 выбора типоразмера оборудования при компенсации избытка металла за счет упругой деформации системы пресс-штамп; в модуле 5 осуществляют минимизацию объема заготовки; этот модуль является основным оптимизационным модулем системы. Общее технологическое условие минимизации избытка металла можно описать соотношением:

$$V_{рег} \geq V_{рас} \geq V_{фак} \quad (2)$$

где $V_{рег}$, $V_{рас}$, $V_{фак}$ – соответственно регламентируемый, расчетный и фактический относительные объемы заготовки ($V_{заг}$).

В модуле 6 осуществляют минимизацию технологической себестоимости изготовления поковки; в модуле 7 минимизируется механическая обработка поковки и в модуле 8 проводят выбор оптимального ТП с минимальной технологической себестоимостью детали.

Алгоритм реализован компьютерной программой, которая успешно опробована.

УПРОЧНЕНИЕ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Туболец И.М. – студент, Мустафина Т.В. – аспирант,

. Околович Г.А – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

При исследовании износостойкости упрочненных поверхностей была выбрана схема изнашивания неподвижно-закрепленными частицами. Сущность ее состоит в том, что производится трение испытуемого и эталонного образцов о поверхность с закрепленными частицами при статической нагрузке и отсутствии нагрева, и полученные результаты сравниваются. В качестве абразивного материала использовался диск из стали 38Х2МЮА, аналогичной материалу гильзы цилиндра.

Сравнительные испытания износостойкости стальных маслоъемных П.К. из стали 20Х13 проводились после упрочнения различными способами:

1. Ионного азотирования.
2. Оксикарбонитрации в расплаве солей.
3. Газовой карбонитрации.
4. Электролитического хромирования.

Результаты испытаний стальных маслоъемных поршневых колец на износостойкость из стали 20Х13 приведены в таблице 1.

Для улучшения прирабатываемости и повышения износостойкости нами разработана технология трехслойного упрочнения поверхности ПК, которая включает карбонитрацию, ионную имплантацию нитрида титана с последующим сульфидированием в электролитной плазме. В результате на поверхности образуется пористый слой Fe_2S 8-10 мкм и твердостью 915-1158 HV, что улучшает прирабатываемость, повышается износостойкость и эксплуатационная стойкость П.К.

Таблица 1

Результаты испытаний стальных маслоъемных поршневых колец
на износостойкость из стали 20Х13

п/п	Способ упрочнения	Микротвёрдость HV ₁₀₀	Глубина слоя, мкм	Потеря массы, мг
1	Ионное азотирование	915–1158	5 – 7	18 за 3 часа
2	Оксикарбонитрация в расплаве солей	1158–1513	10 – 12	33 за 12 часов
3	Газовая карбонитрация	1158-1513	12 – 15	23 за 15 часов
4	Электролитическое хромирование	940– 1088	30 – 40	35 за 13 часов
5	Карбонитрация + нитрид титана (TiN ₄)+ сульфидирование	915-1188	8-10	12 за 15 часов

Выводы:

3. Проведены испытания износостойкости волочильных роликов и П.К. после поверхностного упрочнения карбонитрацией и сульфидирования.

Литература:

4. Пат.2386726 РФ, МПК⁷ С23С26/00, С23С28/00. Способ упрочнения поверхностей стальных поршневых колец / Околович Г.А., Гурьев А.М., Околович А.Г.; заявитель и патентообладатель АлтГТУ им. И.И. Ползунова - № 2008139124/02, заявл. 01.10.08; опубл. 20.04.10, Бюл. №11.

РАСКРЫТИЕ СТАТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛИМОСТИ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ДВУХ ГИБКИХ ШАРНИРНО ЗАКРЕПЛЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ И ЖЕСТКОГО БРУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПО «ЛИРА»

Угненко А.А., Мозговой М.В., Площаднов К.В

В.Б. Бутыгин, к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул

А.С. Демидов, к.т.н., доцент

Рубцовский индустриальный институт филиал АлтГТУ, г. Рубцовск

В обычной учебной и инженерной практике при расчете стержневых систем, широко применяется силовой метод (со способом Мора или взаимных перемещений). С учетом гипотез и допущений сопротивления материалов, данный метод и способы дают достаточно точную картину напряженного состояния в поперечных сечениях элементов и позволяют определять усилия в поперечных сечениях, производить прочностные и проверочные расчеты по допускаемым нормальным напряжениям. К сожалению, использование классических способов расчётов предполагает определенную трудоемкость и не исключает ошибки. Большие возможности по автоматизации расчётов, в том числе и проверочных, предоставляет программный комплекс «Ли́ра», в основу которого положена реализация метода конечных элементов (МКЭ). Представим себе фрагмент стандартного варианта расчетно-графического задания, в рамках которого требуется определить усилия в гибких стержнях AD и BE (рис.1), от действия внешней нагрузки P.

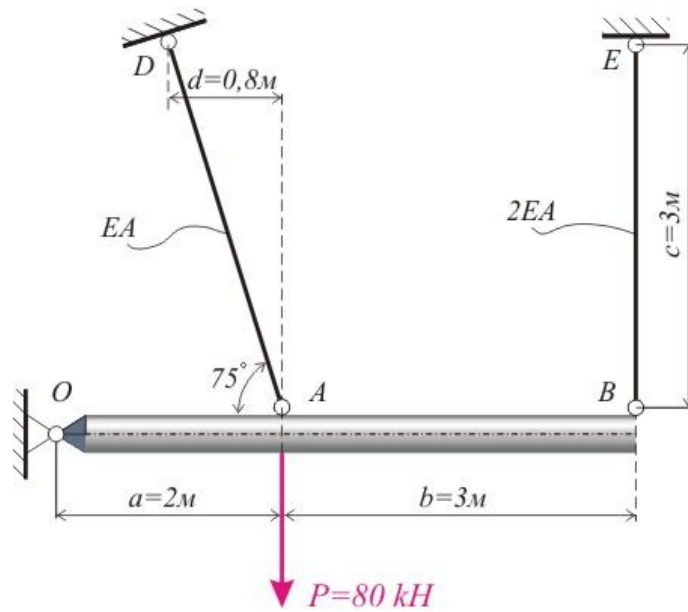


Рис. 1. Исходная система

Выполним классический расчет. Для этого, согласно рис.2. составляем единственное возможное независимое уравнение равновесия (1).

$$\sum_{i=1}^n M(\vec{F}_i) = 0 \Rightarrow N_1 \cdot \sin 75^\circ \cdot 2 - P \cdot 2 + N_2 \cdot 5 = 0 \Rightarrow N_1 = 82,822 - 2,5882 N_2$$

(1)

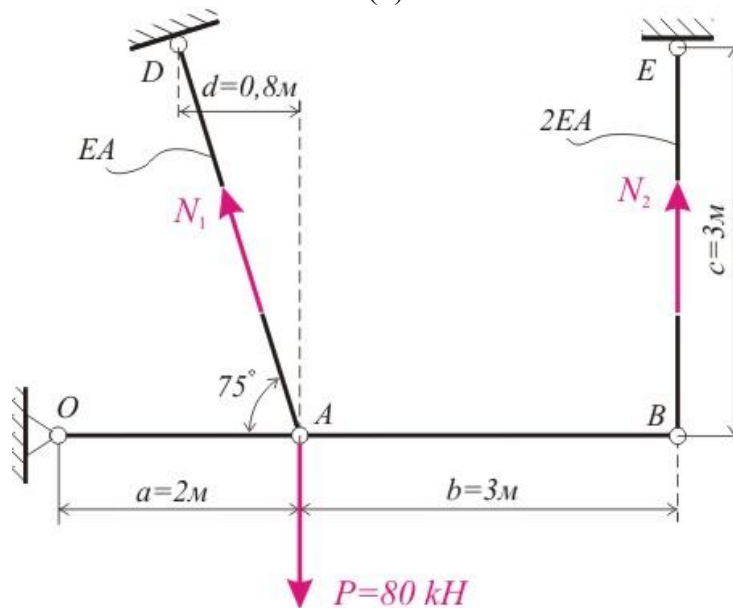


Рис.2. Расчетная схема

Число неизвестных усилий – 2. Таким образом, система один раз статически неопределима. Раскрываем статическую неопределимость, используя совместность деформаций гибких стержней.

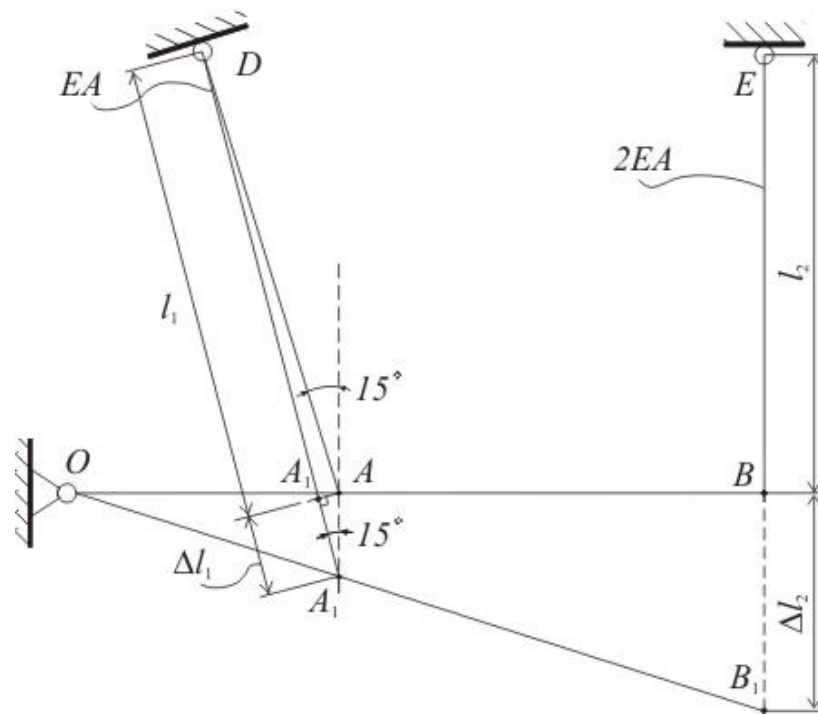


Рис.3. К раскрытию статической неопределенности

Используя геометрические зависимости при предполагаемой линейной деформации стержней (пренебрегая угловой деформацией) получим:

$$\frac{AA_1}{BB_1} = \frac{OA}{OB} \Rightarrow \frac{\Delta l_1}{\cos 15^\circ} \cdot \frac{1}{\Delta l_2} = \frac{2}{5} \Rightarrow \Delta l_1 = 0,3864 \Delta l_2 \Rightarrow$$

Расписывая абсолютные деформации по закону Гука, получим второе недостающее уравнение:

$$\frac{N_1 \cdot l_1}{EA} = 0,3864 \cdot \frac{N_2 \cdot l_2}{2EA} \Rightarrow N_1 = 0,1876 N_2 \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2) получим $N_1 = 5,597 \text{ kH}$; $N_2 = 29,837 \text{ kH}$.

Выполним данную задачу, используя программное обеспечение «Ли́ра» версии 9,0. Первое: запускаем программу, используя ярлык Лира.exe. В появившемся меню устанавливаем признак схемы 2 – три степени свободы в узле (два линейных и одно угловое перемещение).

Второе: Проверяем настройки программы. Для этого, на панели инструментов используем выпадающее меню «Опции»-«Флаги рисования». Здесь отмечаем увеличенное отображение узлов. В выпадающем меню «Опции»-«Единицы измерения» устанавливаем – усилия (кН); размеры элементов (м); размеры поперечных сечений (см);

Третье: выполняем графическое построение, используя выпадающее меню панели инструментов «Схема»-«Корректировка»-«Добавить узел». В относительных координатах строим узлы (точки O, A, B, D, E). Соединяем узлы отрезками, используя выпадающее меню панели инструментов «Схема»-«Корректировка»-«Добавить элемент». Для исключения ошибок допущенных при построении, используем «Схема»-«Корректировка»-«Упаковка схемы».

Четвертое: назначаем связи для точек схемы O, D, E. Для этого устанавливаем флажок в меню «Выбор»-напротив «Отметка узлов» и выделяем узлы O, D, E. Открываем меню «Схема»-«Связи» и устанавливаем флажки в чекбоксах направлений запрещённых перемещений для данной связи (в нашем случае запрещены линейные перемещения в направлении осей X Z) и применяем данные установки.

Пятое: прикладываем внешнюю нагрузку. Для этого, в случае устанавливаем флажок в меню «Выбор» напротив «Отметка узлов» и выделяем узел A. В меню «Нагрузки»-«Нагрузки на элементы» выбираем сосредоточенную нагрузку, прикладываемую к узлу. Глобальная ось, вдоль которой направлена нагрузка в нашем случае, должна иметь значение

- Z. С учетом заданного направления устанавливаем заданное усилие 80 кН и применяем данные установки.

Шестое: назначаем жесткости элементов. Для этого в меню «Выбор» устанавливаем флажок напротив «Отметка элементов». Затем выделяем гибкий стержень AD и заходим в меню «Жесткость»-«Жесткость элементов» и в появившемся окошке добавляем стандартное сечение (например, квадратное 1x1см). В строке «Значение модуля продольной упругости» устанавливаем значение (например $2 \cdot 10^{11}$ Па), с учётом размерности ($\text{кН}/\text{м}^2$) вводим на английском раскладе клавиатуры значение 2e8 (e - условное обозначение степени). Устанавливаем сечение как текущий тип и применяем данную жесткость для стержня AD. Далее отмечаем стержень BE, открываем меню «Жесткость»-«Жесткость элементов» и в появившемся меню добавляем стандартное сечение (например, прямоугольник 1x2см). Здесь большая в два раза площадь поперечного сечения учитывает заданное соотношение жесткостей стержней 1:2. В строке «Значение модуля продольной упругости» устанавливаем значение 2e8. Устанавливаем сечение как текущий тип и применяем данную жесткость для стержня BE. Далее отмечаем жесткий стержень OB. Для учета его жесткости назначаем ему площадь поперечного сечения 100x100см и задаём модуль продольной упругости 2e12.

Седьмое. Для учета шарнирного характера закрепления гибких стержней с жестким, выделяем поочередно данные элементы и добавляем в схему шарниры используя меню «Схема»-«Добавить шарниры». Здесь необходимо учитывать направление местных осей. Направление местных осей можно узнать, отметив в меню «Опции»-«Флаги рисования» пункт – «Показать местные оси». Полученная скриншотом расчетная модель конструкции представлена на рис.4.

Восьмое. Заходим в меню «Режим» и переключаемся из режима «Расчетная схема» (по умолчанию) в режим «Выполнить расчет». Если нет ошибок и введенные данные корректны - программа выполнит расчет. После выполнения расчета заходим в меню «Режим»-«Результаты расчета». Выводим на экран эпюры внутренних продольных сил используя меню «Усилия»-«Эпюры»-«Эпюры продольных сил». В нашем случае получен результат: $N_1 = 5,595 \text{кН}$; $N_2 = 29,838 \text{кН}$, что фактически соответствует результатам ручного расчета. В случае необходимости данные расчета ПО «Ли́ра» могут быть представлены в виде печатной документации при помощи модуля «Документатор» из меню «Окно». На рис. 5 и рис. 6. представлены определённые внутренние усилия в исследуемых стержнях.

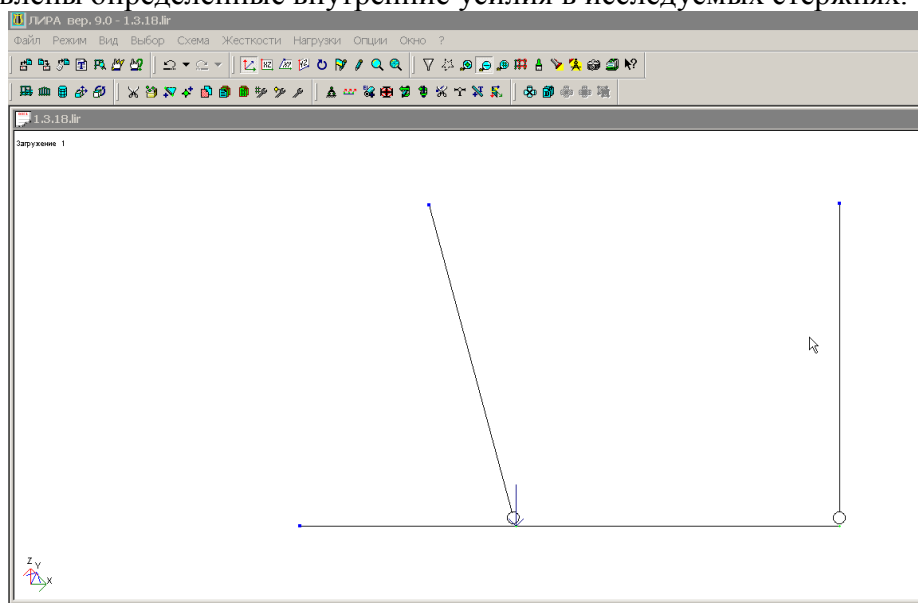


Рис. 4. Расчетная модель, представленная ПО «Ли́ра»

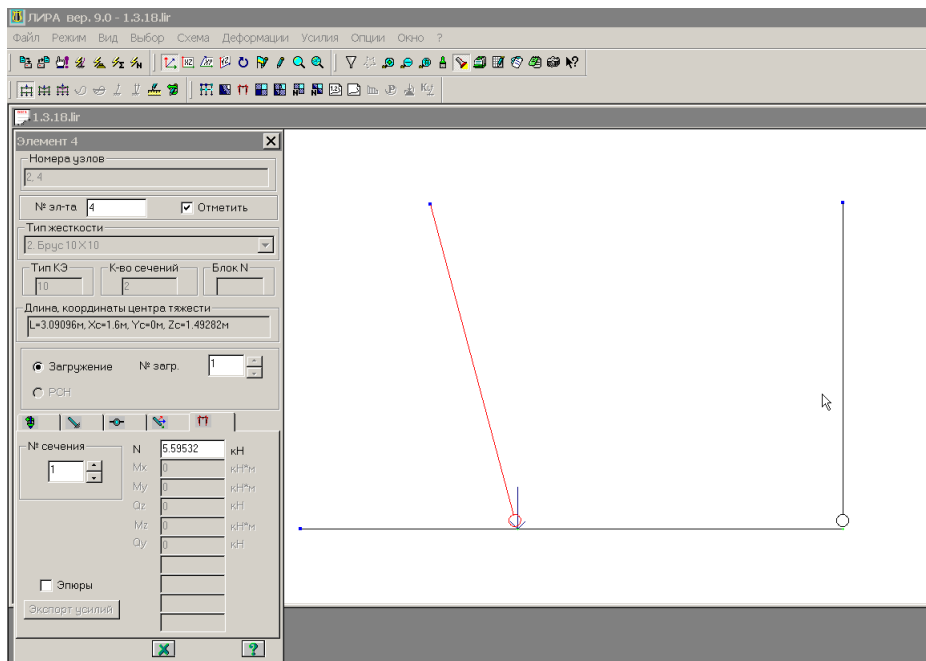


Рис.5. Определенное усилие в стержне AD

Для получения информации о состоянии элемента, необходимо на панели управления нажать иконку «Информация об элементе» и сделать левый клик на данном элементе.

И как вывод: весьма перспективно применение данного программного обеспечения для решения широкого круга задач, связанных с прочностными, жесткостными и др. расчетами различных конструкций.

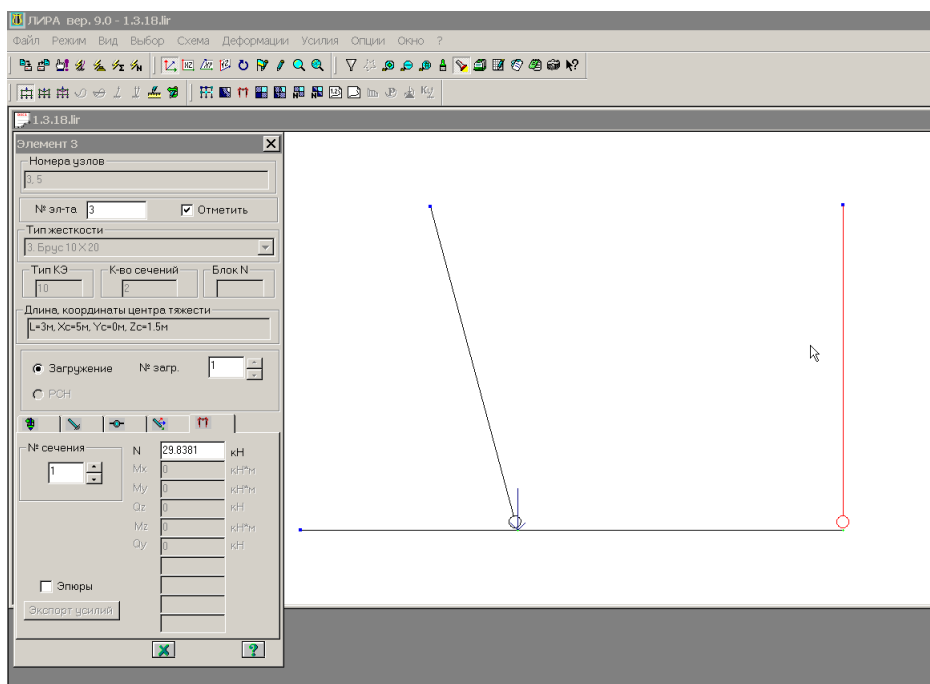


Рис.6. Определенное усилие в стержне BE

Список литературы

1. Александров А.В. Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для строит. спец. вузов, 2-е изд., испр. - М.: Высш.шк. 2002. - 400с.: ил.
2. Дарков А.В., Широ Г.С. Сопротивление материалов. Учеб., 3-е изд.- М.:Высш.шк.1969.-734с.: ил.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКЕ ШАТУНА

Храмцов А.Н., Асташин А.И. – студенты, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор,
Штильников А.А., Дунаев К.Ю. – аспиранты
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Как известно, штамповку шатуна двигателя обычно осуществляют в открытых штампах, при этом в облой отходит до 20% объема заготовки.

Разработан способ закрытой штамповки шатуна двигателя, который осуществляют в следующей последовательности:

1) рассчитывают объем заготовки с двумя концевыми утолщениями и средним участком, объем металла которого превышает объем соответствующего участка изделия на величину, равную половине суммарного объема металла, вытесняемого при формировании отверстий в концевых утолщениях;

2) центр тяжести утолщения среднего участка заготовки размещают от осей отверстий на расстояниях, обратно пропорциональных объемам металла, вытесняемым при формировании отверстий в каждом концевом утолщении.

Способ закрытой штамповки шатуна двигателя иллюстрируется на рисунках 1 и 2.

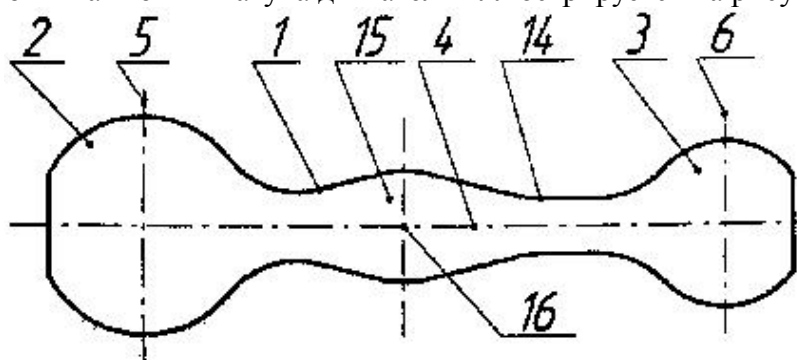


Рисунок 1 – Схема заготовки шатуна двигателя

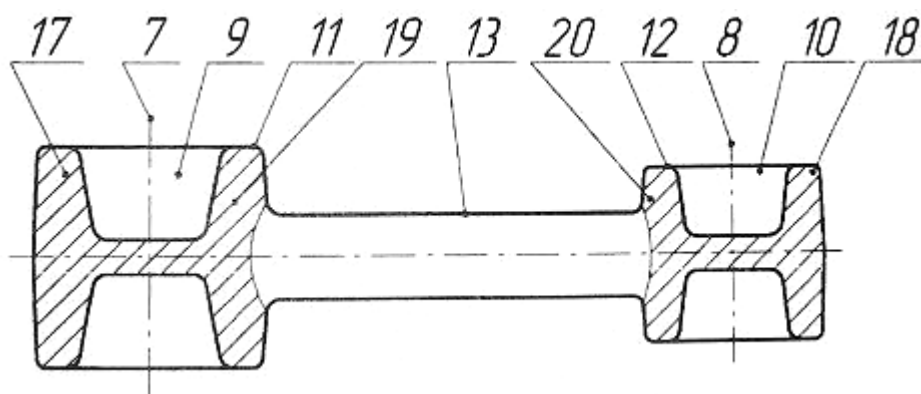


Рисунок 2 – Чертеж поковки шатуна

Из сортового проката, например, вальцовкой готовят заготовку 1 (рис. 1) с двумя концевыми утолщениями 2 и 3. Через центры тяжести утолщений 2 и 3 перпендикулярно продольной оси 4 заготовки 1 проходят оси 5 и 6, расстояние между которыми равно расстоянию между осями 7 и 8 отверстий 9 и 10 головок 11 и 12 шатуна 13 (рис. 2). Средний участок 14 заготовки 1, расположенный между концевыми утолщениями 2 и 3, формируют с утолщением 15, объем металла которого превышает объем соответствующего участка длины шатуна 13 на величину, равную половине суммарного объема металла, вытесняемого при формировании отверстий 9 и 10 изделия 13. При этом, центр тяжести 16 утолщения 15 размещают от

осей 5 и 6 на расстояниях, обратно пропорциональных объемам металла, вытесняемого при формировании отверстий 9 и 10 в концевых утолщениях 2 и 3 (рис. 1).

Подготовленную заготовку 1 укладывают в ручей закрытого штампа. В процессе формирования заготовки в полости штампа половину объема металла, вытесняемого при формировании каждого отверстия 9 и 10, смещают во внешние стенки 17 и 18 головок 11 и 12 шатуна 13, а другие половинные объемы металла смещают во внутренние стенки 19 и 20 головок 11 и 12 (рис. 2). Одновременно при формировании среднего участка изделия соответствующие по величинам объемы металла смещают во внутренние стенки 19 и 20 головок 11 и 12 из утолщения 15 заготовки 1 (рис. 3), так как степень истечения металла из утолщения 15 в стенки 19 и 20 головок 11 и 12 обратно пропорционально расстоянию осей этих головок от центра тяжести 16 утолщения 15 (рис.3) согласно известному положению, что степень истечения металла в различные полости обратно пропорциональна сопротивлению деформации, которое, в данном случае, линейно зависит от расстояний осей 5 и 6 до центра тяжести 16 утолщения 15 заготовки 1.

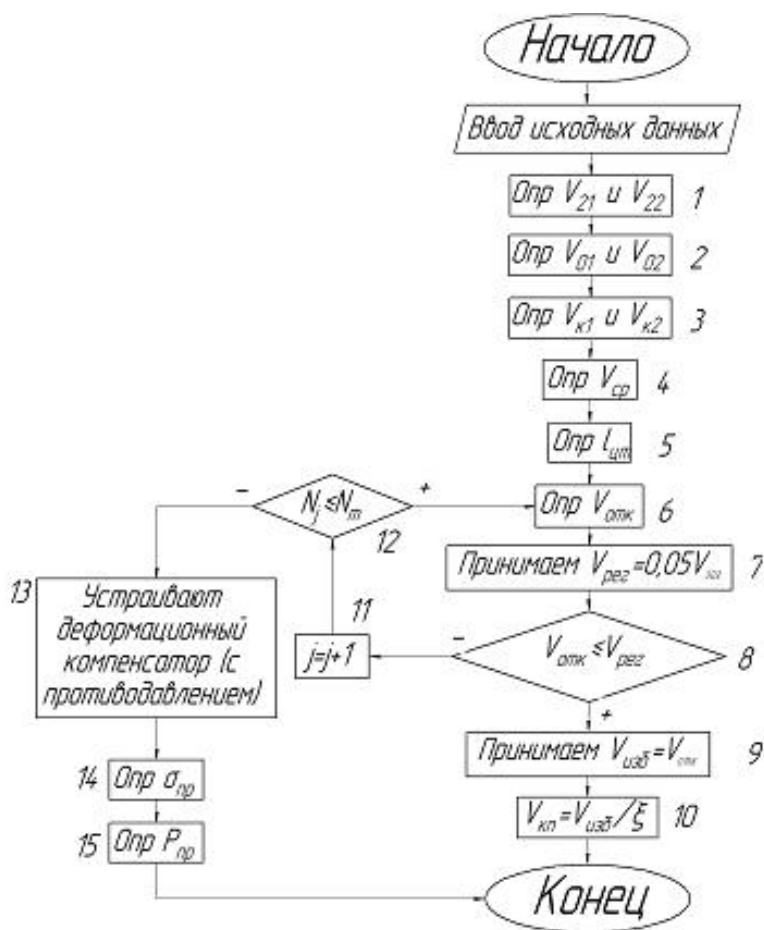


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма компенсации избытка металла при закрытой штамповке шатуна

Модель минимизации избытка металла реализуется по алгоритму, представленному на рисунке 3.

Для построения расчетной заготовки определяют:

- 1) объем головки 11 шатуна 13 (рис. 1) V_{11} , мм³; объем головки 12 V_{12} , мм³;
- 2) объем металла, вытесняемый при формировании отверстия 9 головки 11 шатуна 13 (рис. 1) V_9 , мм³;
объем металла, вытесняемый при формировании отверстия 10 головки 12 шатуна 13 V_{10} , мм³;
- 3) объем концевого утолщения 2 заготовки 1 $V_2 = V_{11} - 0,5V_9$, мм³;

объем концевое утолщения 3 заготовки 1 $V_3 = V_{12} - 0,5V_{10}$, мм³;

4) объем утолщения 15 среднего участка 14 заготовки 1 $V_{15} = 0,5(V_9 + V_{10})$, мм³.

Расположение центра тяжести 16 утолщения 15 заготовки 1 определяют их соотношения:

$$0,5V_9 \cdot l_1 = 0,5V_{10} \cdot l_2, \quad (1)$$

где l_1 – расстояние от оси 5 утолщения 2 заготовки 1 до центра тяжести 16 утолщения 15; l_2 – расстояние от оси 6 утолщения 3 заготовки 1 до центра тяжести 16 утолщения 15.

Из равенства (1) получают соотношение расстояний

$$l_1/l_2 = V_{10}/V_9. \quad (2)$$

Использование заготовки со средним участком в виде утолщения объемом, превышающим объем металла соответствующего участка изделия на величину, равную половине суммарного объема металла, вытесняемого при формировании отверстий в концевых утолщениях заготовки, а также размещение центра тяжести утолщения среднего участка заготовки на расстояниях от осей отверстий, обратно пропорциональных объемам металла, вытесняемым при формировании отверстий в каждом концевом утолщении, создает одинаковые по объемам попутные потоки металла, вытесняемые в стенки головок шатуна из утолщения среднего участка заготовки и полостей концевых утолщений при формировании отверстий. В результате этого исключается образование утяжин и зажимов в сопряжениях головок шатуна с его средним участком, что минимизирует избыток металла и существенно повышает качество изделий.

Программная реализация алгоритма позволяет оптимизировать технологические параметры штамповки шатуна.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ

Земелько Т.И. – студент, Сергеева Н.А. – студент,

Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Одним из возможных путей улучшения деформируемости металла при обработке давлением является повышение ресурса пластичности предварительной термической обработкой заготовки. Этот путь наиболее эффективен, когда задачу улучшения пластичности нельзя или нерационально решать посредством изменения схемы деформирования. Нами установлено, что, независимо от состояния поставки следует выполнить рекристаллизационный отжиг на $10 \dots 20^\circ\text{С}$ ниже A_{c1}

Компрессионные ПК изготавливают из пружинной стали 65Г после холодной пластической деформации ($\varepsilon = 50 \dots 70\%$) при протягивании проволоки диаметром 5-6мм через профильные волочильные ролики. Упрочнение при пластической деформации является результатом роста плотности дислокаций. В тоже время, значения свойств, характеризующих пластичность и вязкость стали, с ростом степени обжатия увеличиваются лишь до обжатия до 75%, а затем снижаются. Такое состояние наклепанного металла является предельным; при попытке продолжить деформирование металл разрушается. Это объясняется возникновением очагов разрушения в результате дробления цементитных пластинок, расположенных в сильно упрочненной ферритной матрице.

Для залечивания деформационных дефектов и повышения пластичности стали перед навивкой профиля на оправку осуществляют рекристаллизационный отпуск при 500°С , 1ч. Навивка полученного профиля компрессионного кольца на оправку с натяжением сопровождается динамическим старением при последующем термостабилизационном отпуске 550°С , 1ч., и полигонизацией, т.е. упорядочением и стабилизацией структуры.

Исследования показали, что при динамическом старении отмечаются признаки полигонизации, изменяется морфология и становятся более упорядочено расположены частицы избыточной фазы. При этом дислокации преобразуются в более устойчивые системы в поле упругих напряжений.

В результате динамического старения резко повышаются значения предела упругости, заметно увеличивается предел текучести и несколько повышается предел прочности, достигаются значительно более высокие значения K_{ic} , усталостной прочности и релаксационной стойкости.

Так. После динамического старения предел упругости стали 65Г достигает 2100 МПа, что на 20...30% выше, чем после закалки и отпуска.

Характеристики пластичности – относительное удлинение и относительное сужение – при динамическом старении почти не изменяются. Существенно также, что повышение указанных свойств прочности наблюдаются в широком интервале температур динамического старения.

Главным достоинством динамического старения при отпуске под нагрузкой является то, что структурное и напряженное состояние стали оказывается таким, каким оно будет в деталях и конструкциях в условиях их эксплуатации. Это определяет большую стабильность свойств и повышение надежности.

Выводы:

4. Технологический процесс изготовления ПК освоен в производстве ООО ЦРТ «Алтай». Комплектующие кольца Ø 80-130мм, а также Ø 180 для К-700 поставляются на рынок запчастей Алтайского края.

Литература:

5. Околович А.Г. Исследование технологии изготовления стальных поршневых колец. Ползуновский вестник / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, № 1-2, 2009, С.256-259.

6. Пат.2341362 РФ, МПК⁷ В23Р15/06, В21F37/02, С21В 8/06. Способ изготовления стальных компрессионных поршневых колец/ Околович Г.А., Карпов А.П., Околович А.Г., Карпов С.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ЦРТ-Алтай» - № 2007109549/02, заявл. 15.03. 07; опубл. 20.12.08, Бюл. №35.

ВЛИЯНИЕ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МНОГОРАЗОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

.Мустафина Т.В. – аспирант, Тарасова А.И. – студент,.

Околович Г.А. - д.т.н., профессор, Мустафин Г.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Нанесение на рабочую поверхность многоцветной формы покрытия благотворно сказывается на ее долговечности. Наличие покрытия не только уменьшает температуру прогрева формы, но и уменьшает скорость ее роста. Так, например, при толщине покрытия 0,2 мм максимальная температура поверхности формы при заливке алюминиевой расплава достигается за 1,5-2,0 с, а при слое толщиной 0,6 мм – за 30 с. Это влечет за собой уменьшение термических напряжений и увеличивает запас прочности формы. Кроме того, покрытие изолирует в большой степени поверхность формы от физико-химического воздействия материала отливки.

Для изучения степени влияния изолирующего покрытия на долговечность многоцветной литейной формы на специальной установке измерялись деформационные характеристики окрашенных и неокрашенных образцов в интервале температур 100 – 900⁰С. Изучалось также изменение деформационных характеристик образцов после 25, 50 и 75 теплосмен. Нагрев образцов при термоциклировании проводился в расплаве силумина при 800⁰С в течение 30 с, а охлаждение – в воде при 20⁰С в течение 30 с.

Состав покрытия: молотый обожженный асбест – 8,7%, мел – 17,5%, жидкое стекло – 3%, вода – 70,8%. Толщина покрытия – 0,3 мм.

Для определения деформационных характеристик измерялся прогиб цилиндрических образцов, а затем рассчитывалась относительная деформация по формуле

$$\varepsilon = \frac{y}{r},$$

где y – расстояние от оси симметрии образца до самого удаленного слоя образца, равное радиусу сечения образца;

r – радиус кривизны дуги, которую представляет собой изогнутый образец, рассчитываемый по формуле:

$$r = \frac{(L/2)^2}{2\varepsilon_{абс}},$$

где L – длина образца;

$\varepsilon_{абс}$ – прогиб образца.

После определения относительной деформации рассчитывались реологические коэффициенты, которые характеризовали склонность исследуемых материалов к образованию упругих и остаточных деформаций.

Анализ полученных результатов показывает, что покрытие не оказывает заметного влияния на величину реологических коэффициентов. Однако после термоциклирования склонность к образованию остаточных деформаций, пагубно влияющих на долговечность форм, у образцов без слоя покрытия значительно выше. Из этого следует, что подбором толщины и теплопроводности покрытия можно увеличить долговечность многоразовых форм и расширить область их применения для более массивных отливок из тугоплавких сплавов.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ МНОГОРАЗОВОЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Мустафина. Т.В. – аспирант, Стрелец Д.Ю. – студент,

Околович Г.А. - д.т.н., профессор, Мустафин Г.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

С целью уменьшения интенсивности теплового воздействия на многоразовую литейную форму в процессе ее эксплуатации и повышения ее долговечности необходима изоляция формы от непосредственного взаимодействия ее с металлом отливки. Для этого применяют защитные покрытия – различного рода облицовки и краски.

В литературе нет рекомендаций для выбора теплофизических свойств краски и ее толщины в зависимости от веса и теплофизических характеристик отливки. Это не позволяет для обеспечения низкой температуры поверхности формы, при которой не происходит интенсивной потери прочности формы и накопления остаточных деформаций, рассчитать необходимую теплопроводность покрытия и ее толщину.

Для разработки методики расчета весь период охлаждения отливки в форме условно разделен на 4 стадии: охлаждение при заполнении формы жидким металлом, охлаждение жидкого металла после окончания заливки, затвердевание металла, охлаждение в форме затвердевшей отливки.

Для упрощения расчетов пренебрегаем временем заливки и считаем, что начальная температура отливки равна температуре заливки. Считаем, что охлаждение отливки протекает в условиях относительно малой интенсивности, чему способствует наличие слоя краски на поверхности формы. После снятия перегрева температура отливки будет равномерной по всей ее толщине. Температуру контакта будем считать постоянной и равной температуре кристаллизации сплава.

Охлаждение отливки в окрашенной форме рассматривалось как тепловое взаимодействие двух бесконечных пластин (отливка и слой краски) и одного полубесконечного тела (форма).

Для того, чтобы пренебречь потерей тепла с торцовых частей отливки необходимо, чтобы ширина и высота отливки превышали ее толщину не менее чем в 10 раз. При таком соот-

ношении размеров отливку можно считать в тепловом отношении бесконечной пластиной. Для придания форме свойств полубесконечного тела необходимо выбирать толщину формы такой, чтобы на ее наружной поверхности температура не изменялась в течение всего рассматриваемого периода.

Принимаем, что в процессе затвердевания между отливкой и слоем краски отсутствует воздушный зазор, т.е. учитываем наиболее тяжелые условия работы формы. Отсутствие зазора при контакте трех тел позволяет использовать при решении тепловой задачи граничные условия IV рода (передача тепла теплопроводностью). Аналитическое решение может усложниться за счет учета начального распределения температур на каждой стадии затвердевания. В этом случае при решении поставленной задачи можно воспользоваться методом сеток. Применение этого метода позволяет задавать начальные условия в виде конкретных значений температуры в отдельных точках рассматриваемой системы из трех тел.

Для расчета охлаждения плоской отливки на персональном компьютере была составлена программа. При расчете использовались шаги по времени 0,02-0,3 с и по координате: в отливке - 1-5 мм, в форме - 2-10 мм.

По результатам расчета температур построена номограмма для определения необходимой толщины слоя краски в зависимости от толщины чугунной отливки и коэффициента температуропроводности материала формы. При построении номограммы толщина слоя краски выбиралась таким образом, чтобы максимальная температура поверхности формы не превышала 750° С, т.е. температуры, выше которой прочность формы интенсивно уменьшается, а склонность к образованию остаточных деформаций увеличивается.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЛУЧЕИСПУСКАНИЯ В ПОРИСТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ И СТЕРЖНЯ

Чадромцев С. Ю. – студент, Левшин Г. Е. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Во время заливки высокотемпературных расплавов в литейную форму они испускают световые лучи, которые нагревают поверхностные и приповерхностные слои формы и стержня, вызывая изменение в связующем и температурное расширение частиц формовочного материала. Это может привести к «дождю частиц» с потолочной поверхности формы, появлению ужимин и засорам в отливке. Поскольку рабочая поверхность разовых форм и стержней является пористой, то свет проникает в поры между частицами на некоторую глубину. О её величине не обнаружено сведений в доступной литературе.

Удельная мощность лучеиспускания суммарной энергии излучения определяется по формуле [1]:

$$W = \sigma(T/100)^4,$$

где σ – постоянная Стефана-Больцмана, равная $5,67 \times 10^{-8}$ Вт/(м² К⁻⁴);

T – температура, К.

Анализ этой формулы показывает, что мощность W может достигать существенных для практики значений, особенно при длительном воздействии. Так, при 1000 К $W = 5,67 \times 10^{-4}$ Вт/м²; а при 1700 К $W = 47,3564 \times 10^{-4}$ Вт/м², т. е. при увеличении температуры в 1,7 раза мощность возрастает в 8,35 раза.

Поэтому провели исследования по определению глубины проникновения лучей света в плоскую пористую поверхность формовочного материала, не содержащего связующего. В качестве такого материала использовали дробь стальную литую с размерами частиц 0,63 – 1,0 мм (средний диаметр $d_{cp} = 0,8$ мм) и 0,4 – 0,63 мм ($d_{cp} = 0,5$ мм), применяемую для изготовления магнитных форм и стержней. Её помещали тонким слоем $\delta = 2, 3, 4$ или 5 мм между двумя вертикальными стёклами, установленными в герметичном ящике с соответствующим зазором между ними. Все внутренние поверхности ящика оклеили алюминиевой фольгой для

увеличения светоотражения. Ящик устанавливали на вибростол для уплотнения материала вибрацией в течение 15 с.

В качестве источника света применяли электрическую лампу накаливания мощностью 500 Вт. Освещённость измеряли люксметром «ТКА-Люкс» (ТУ-4437-005-16796024-2000) с диапазоном от 0 до 200000 лк. Освещённость возле лампы составляла 133000 лк.

Исследования проводили с помощью приспособления в виде герметичного ящика с шарнирной крышкой, изображённого схематично на рисунке 1. Лучи от лампы проходили

(или не проходили) сквозь слой формовочного материала определённой толщины и их наличие фиксировалось фотоэлектрическим датчиком люксметра, расположенным у выходного отверстия ящика. Измерения освещённости E проводили в тёмном помещении, прижимая датчик люксметра к уплотнительной прокладке из мягкой темной ткани, и повторяли от 3 до 6 раз, после чего определяли среднее значение $E_{\text{ср}}$. Кроме того, обратную поверхность слоя фотографировали цифровым фотоаппаратом через это же отверстие. Результаты исследования представлены в таблице 1 и на фотографиях (рисунок 2).

Таблица 1 Данные об освещённости

№ п.п.	Дробь	Толщина слоя δ , мм	Освещённость $E_{\text{ср}}$, лк
1	0,63 - 1,0	3	1,23
2	0,63 - 1,0	4	0,44
3	0,63 - 1,0	5	0
4	0,4 - 0,63	2	0,6
5	0,4 - 0,63	3	0

Из них можно видеть, что глубина слоя, через который уже не проходит свет, составляет для крупной дроби $\delta=5$ мм, а для мелкой дроби $\delta=3$ мм. При этом отношение толщины слоя к среднему размеру $d_{\text{ср}}$ частиц составляет для

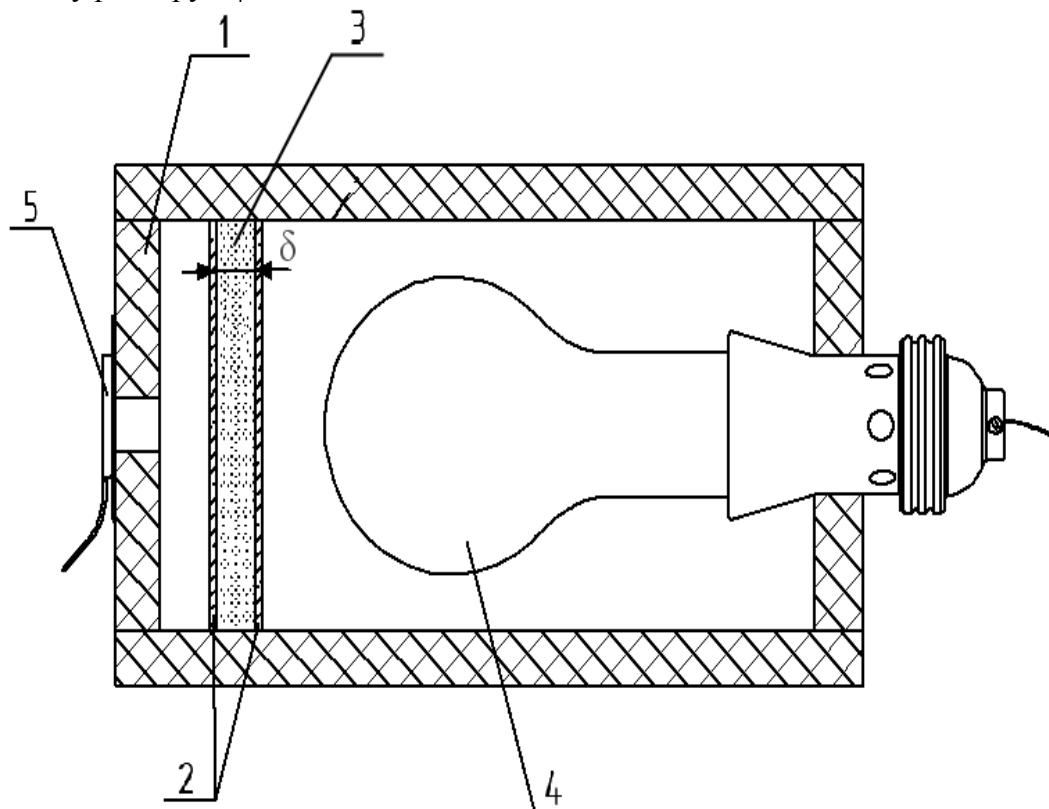


Рисунок 1 – Схема приспособления:

1 – ящик; 2 – стёкла; 3 – формовочный материал; 4 – лампа; 5 – датчик люксметра

крупной дроби $6,2d_{\text{ср}}$, для мелкой дроби $6d_{\text{ср}}$. На этом основании можно сделать вывод, что при уменьшении размера поверхностных частиц абсолютная глубина слоя уменьшается и её

можно оценить из соотношения δd_{cp} . Это уменьшение можно достичь применением облицовочной смеси с мелкими частицами или окрашиванием рабочей поверхности формы или стержня противопопригарной краской (желательно светлых тонов для увеличения светоотражающей способности).

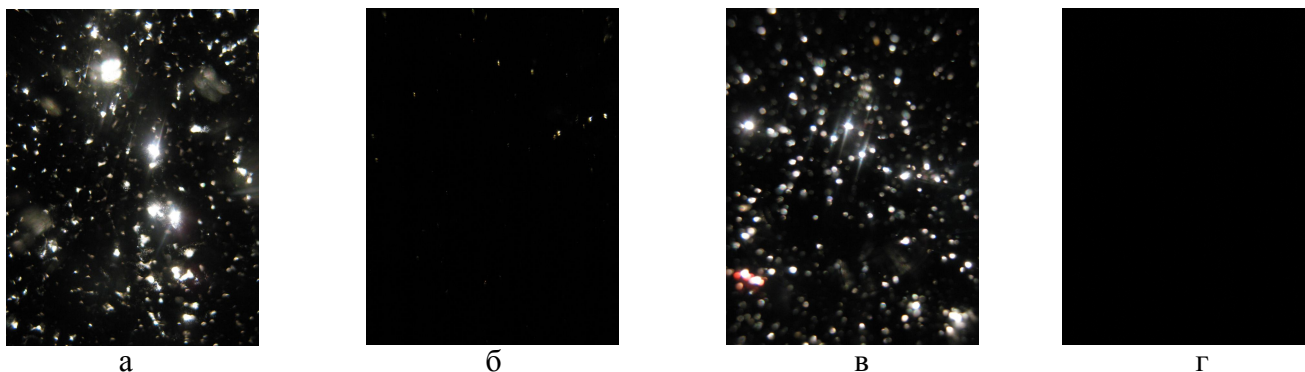


Рисунок 2 – Фотографии обратной поверхности слоя материала:
 а) с размерами частиц 0,63 - 1,0 мм при толщине $\delta=3$ мм; б) то же при $\delta=5$ мм;
 в) с размерами частиц 0,4 - 0,63 мм при толщине $\delta=2$ мм; г) то же при $\delta=3$ мм.

Литература

Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева. В 2-х т. Т.2.– М.: «Энергия», 1976. – 896 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ ФЛАНЦЕВЫХ СТАКАНОВ

Лукиянов П.В., Храпцов А.Н. – студенты, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор,
 Дунаев К.Ю. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Оптимизация процесса описана четырехмодульным алгоритмом, блок-схема которого приведена на рис. 1 .

В первом модуле М1 в блоке 1.1 алгоритма вводят следующие исходные данные: V_n , D_n и H_n - соответственно объем, диаметр и высота поковки; $V_{y2} = 0,01V_n$ - объем угара металла при индукционном нагреве; $V_m = 0.01V_n$ - объем технологического избытка металла, учитывающего износ полости штампа; $V_{pez} = 0.06V_n$ - объем отхода металла регламентируемого при закрытой штамповке; $T_g, ^\circ\text{C}$ – температура деформации металла; σ_{gt} - предел прочности штампуемого металла при температуре окончания штамповки, МПа.

В блоке 1.2 определяют степень сложности поковки, а в блоке 1.3 принимают отход металла, $V_{omx} \leq V_{pez}$. Далее в блоке 1.4 определяют объем заготовки и в блоке 1.5 рассчитывают размеры исходной заготовки: D_p и H_p - диаметр и высоту. Затем, в блоках 1.6 и 1.7 осуществляют выбор проката, начиная с проката обычной точности N_1 .

Если имеющиеся номера проката различной точности не обеспечивают регламентируемый отход объема металла, то в блоке 1.8 переходят к разработке новой технологии штамповки.

После выполнения условия блока 1.7 определяют высоту (H) исходной заготовки с учетом выбранного стандартного диаметра (D) проката (блок 1.9). В блоке 1.10 по таблицам находят максимальные положительные отклонения диаметра (ΔD) проката и высоты (ΔH) заготовки, основываясь на принятом в технологическом процессе способе рубки заготовок (на-

пример, не полностью закрытая рубка). Максимальное положительное отклонение ($V_{отк}$) объема заготовки, рассчитанное в блоке 1.11, проверяют по условию блока 1.12, добиваясь его выполнения (блоки 1.13 и 1.7-1.11).

При выполнении условия блока 1.12 переходят к модулю M2, в котором рассчитывают переходы штамповки. Количество переходов (k) ориентировочно выбирают по степени сложности (C_i) поковки (блок 2.1). В блоках 2.2 и 2.3 определяют соответственно диаметры (D_γ) переходов, высотные размеры (H_γ и h_γ) и диаметры (d_γ) полостей. В блоках 2.4 и 2.5 определяют объем (V_γ) цилиндрической части чернового перехода, предшествующего окончательному, и объем $V_{об}$ стенок и дна стакана поковки.

В модуле M3 осуществляют минимизацию расхода штампуемого металла. Если разность объемов по модулю менее $0.01V_n$, то переходят к модулю M4, в котором в блоках 4.1 – 4.4. рассчитывают усилия штамповки в черновом и окончательном ручьях (P_{r-1} и P_k) и принимают наибольшее за усилие (P_ψ) штамповки. При одновременном выполнении всех переходов усилия суммируют.

Если условие блока 3.1 не выполняется, то проверяют условие $V_\psi > V_{ст}$ (блок 3.2).

В случае его выполнения уменьшают принятый отход металла ($V_{отх} = V_{рег}$) на $0,01V_n$ (блок 3.3) и, после проверки условия 3.4 осуществляют пересчет параметров процесса, начиная с блока 1.4, или разрабатывают новую технологию (блок 1.8).

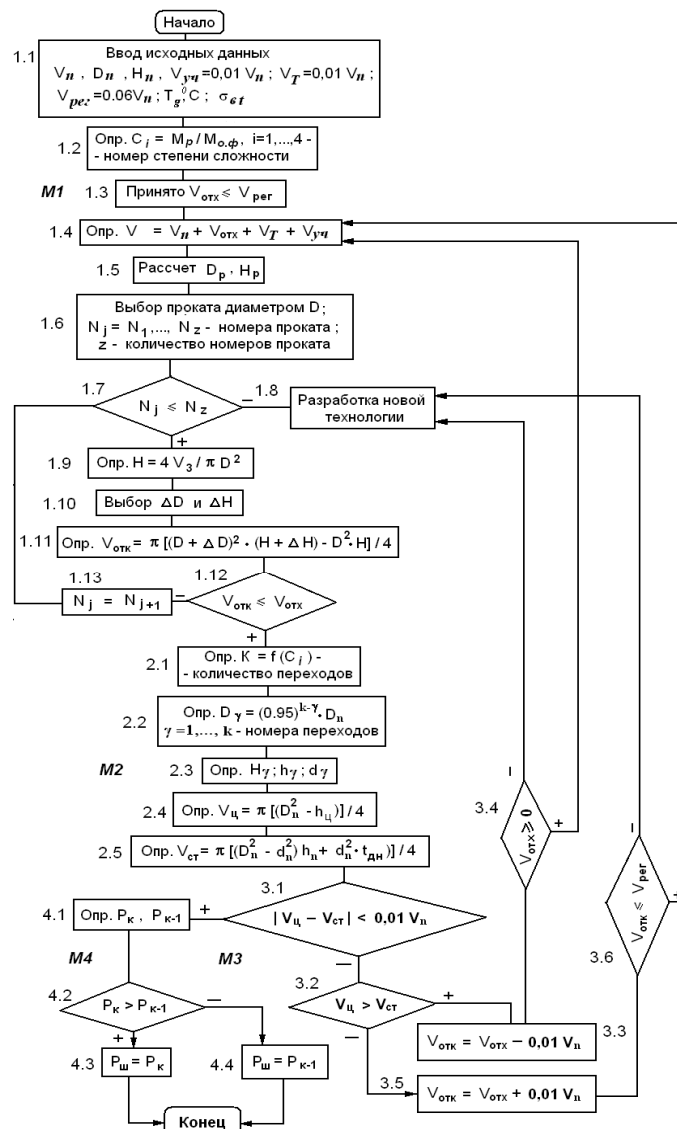


Рисунок 1 – Алгоритм минимизации расхода металла при штамповке фланцевых стаканов

Если условие блока 3.2 не выполняется, то принятый объем отхода металла ($V_{отх}$) увеличивают на $0.01V_n$ (блок 3.6) и переходят к блоку 3.6.

При выполнении условия блока 3.6 переходят к пересчету параметров штамповки, начиная с блока 1.4, в противном случае разрабатывают новую технологию.

Оптимизационный алгоритм минимизации расхода штампуемого металла реализован компьютерной программой, которая успешно опробована и может быть использована в производственных условиях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ОБРАЗЦА НАМАГНИЧЕННЫХ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Решетка А. А. – студентка, Левшин Г. Е. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Некоторые элементы литейной полый магнитной формы, в том числе магнитные стержни, испытывают напряжение изгиба под влиянием собственного веса, расплава и отливки. Поэтому определение прочности при изгибе намагниченных магнитомягких формовочных материалов является актуальной задачей.

При определении прочности использовали неферромагнитное приспособление, позволяющее изготовить образец квадратного сечения со стороной $a=30$ мм и длиной 190 мм. Образец намагничивали внешним продольным магнитным полем с индукцией B_e от 0,02 до 0,07 Т между полюсами 4 и 5 С-образного электромагнита универсального прибора (рис. 1) [1].

Универсальный прибор при определении усилия изгиба образцов (рис. 1) содержит намагничивающее устройство в виде электромагнита 1 с С-образным магнитопроводом, имеющего сердечник 2, охваченный витками электрической катушки 3 и две полюсные пластины 4 и 5. К пластинам 4 и 5 у их свободных торцов прикреплены опоры 6 поворотного стола 7, выполненная в виде стойки, с осью 8 его поворота и угловой шкалой 9 от 0° до 90° , снабженной углублениями 10 для фиксатора 11 положения стола 7. Этот стол закреплен на внешней 14 части оси 8. Стол 7 выполнен в виде Г-образного рычага, на одной полке которого, параллельной полюсным пластинам 4 и 5, укреплен динамометрический механизм 12, а на другой (вертикальной) – фиксатор 11 положения стола 7. Динамометрический механизм 12 через клин 13 передает усилие нагружения на образец 15. В комплектацию прибора входят сменные приспособления для получения образцов, исследуемых на различные виды прочности. Электромагнит 1 установлен на основании 17 с помощью стоек 18 и 19. Причем в левой стойке 18 имеется вырез для размещения нижней части стола 7, а в правой стойке 19 укреплены цапфы 20 с помощью кронштейна. Электрическая катушка намагничивающего устройства подключена к источнику питания выпрямленным двухполупериодным напряжением до 250 В, в котором имеется амперметр М42304 класса точности 2,5 и вольтметр М264М класса точности 2,5.

При этом образец опирался на неферромагнитные опоры 16, расстояние между которыми составляло 150 мм. Образец нагружали сверху неферромагнитным клином 13 с помощью пружинного динамометрического механизма 12, снабженного шкалой для измерения деформации пружины сжатия.

Величину тока в катушке измеряли также и амперметром М42304, а индукцию B_e внешнего магнитного поля в середине между полюсами электромагнита и внутреннюю магнитную индукцию B_i в середине образца с помощью тесламетра Ш1-8, имеющего измерительный зонд размером 6×1 мм со встроенным датчиком Холла. Зависимости индукций B_e и B_i от величины тока прямо пропорциональны его значению в катушке С-образного электромагнита (рис. 2).

В качестве материала образца использовали стальную литую дробь с размерами частиц 0,4 – 0,63 мм, просеянную сквозь сито с размерами ячейки 0,63 мм. Материал засыпали в

разборное приспособление с помощью наполнительной рамки и уплотнителя на вибростоліке мод. ЭЛ-2УХЛ4 в течение 15 с.

Прочность на изгиб определяли как среднее из измерений на трех образцах и рассчитывали по известной формуле (без учета собственного веса образца):

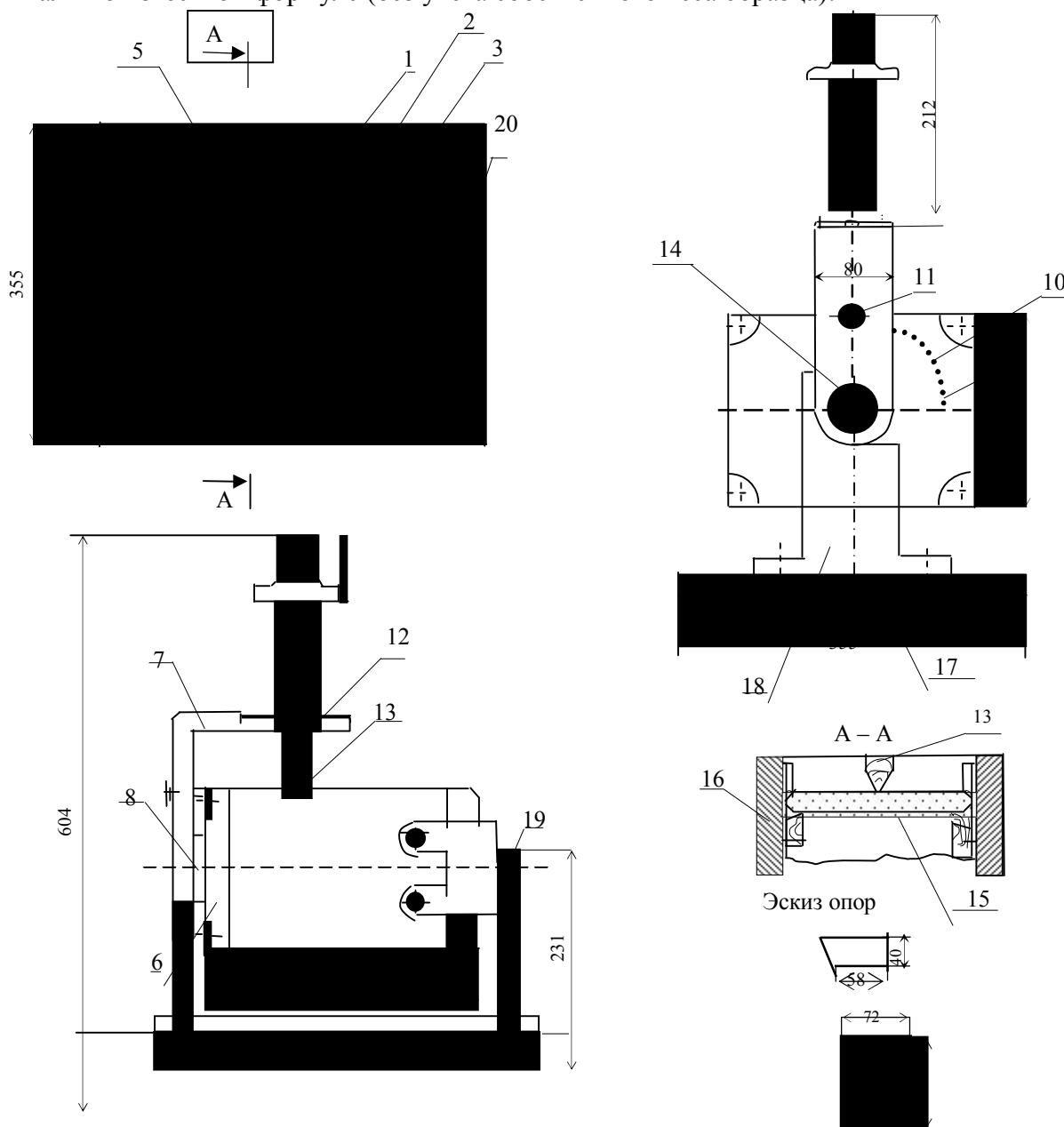


Рисунок 1 – Универсальный прибор для определения усилий при изгибе

$$\sigma_{\text{изг}} = (P + F_{\text{из}})L / (4W)$$

где P – вес пружины и клина, Н;

L – расстояние между опорами, м;

$W = a^3/6 = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ – момент сопротивления, М^3 ;

$F_{\text{из}}$ – сила изгиба (среднее), $\text{Н} \cdot 10^{-6}$.

Полученные результаты обработали с помощью программы Microsoft Excel и представили в виде графиков (рис. 3) зависимости прочности $\sigma_{\text{изг}}$ от величины внешней V_e и внутренней V_i индукции. Они аппроксимируются уравнением прямолинейной функции с достоверностью $R^2=0,9548$

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,008528B_e + 0,081496$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,316B_i + 0,007891$$

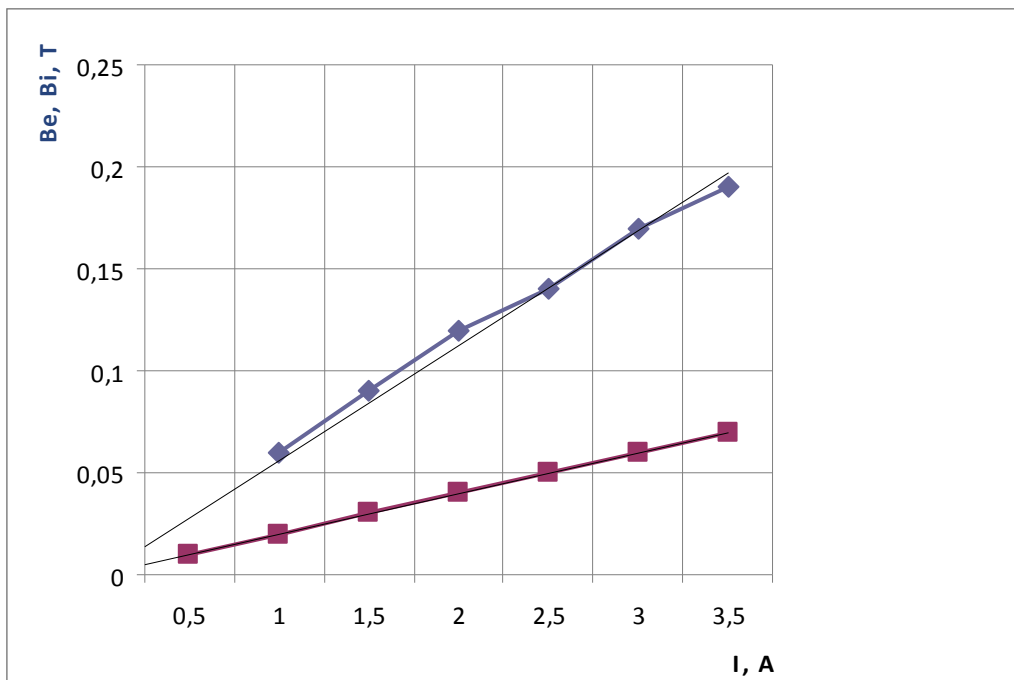


Рисунок 2 – Зависимость внутренней B_i (верхний график) и внешней B_e (нижний график) индукции от силы тока I

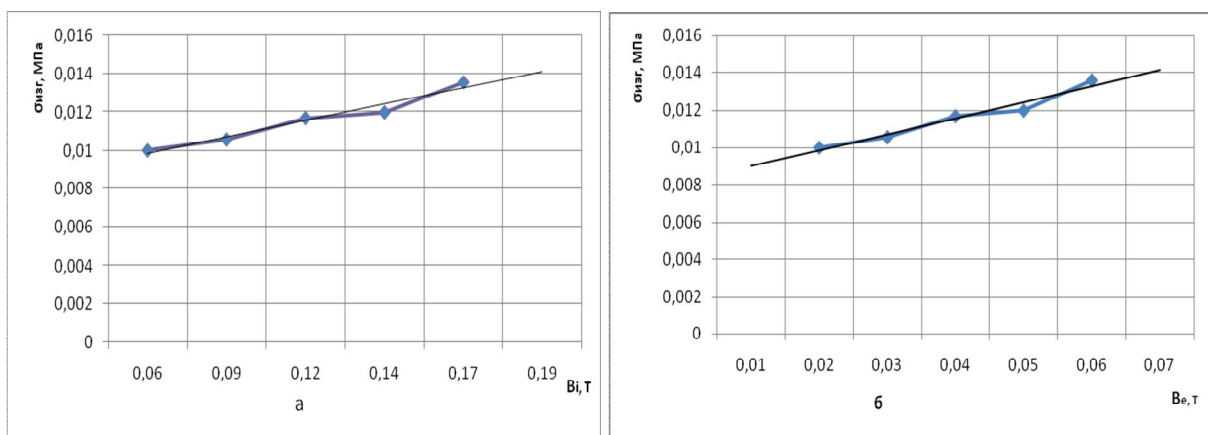


Рисунок 3 – Зависимости прочности $\sigma_{\text{изг}}$ от внутренней B_i (а) и внешней B_e (б) индукции

Эти результаты показывают, что при изменении индукции B_e от 0,02 до 0,07 Т, а индукции B_i от 0,06 до 0,19 Т прочность при изгибе изменяется гораздо в меньшей степени от 0,1 до 0,136 МПа. Они могут быть использованы при расчете прочности $\sigma_{\text{изг}}$ магнитных форм и стержней.

Литература

Левшин Г. Е., Матюшков И. Л. Литье в магнитные формы. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.– 688с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНОГО ПРЕССОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ.

Ильиных Е.С. – студент, Розумовский С.А. – студент,
В.Г. Москалев – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул

Сама сущность скоростного прессования заключается в том, что уплотнение смеси в опоке с моделью производится плунжером(прессовой плитой), имеющей скорость $V_n = 5..9$ м/с с энергией $E_0 = 50-70$ Дж/кг. За один удар плунжера смесь равномерно уплотняется по всей высоте до технологически необходимого уровня ($\rho = 1600..1700$ кг/м³, $T = 70..90$ ед). Помимо этого процесс уплотнения формовочной смеси занимает короткий промежуток времени (0,16..0,18 с), что в свою очередь может повысить производительность формовочного оборудования[1].

Существует несколько методов скоростного прессования: прессовая колодка движется вниз, а смесь с оснасткой не подвижна; смесь с оснасткой движется навстречу неподвижной прессовой колодке; смесь движется навстречу оснастке.

Для исследования напряженно-деформированного состояния формы при различных скоростях нагружения был выбран первый метод и на кафедре МТиО АлтГТУ, секции «Машины и Технология Литейного Производства» в рамках дипломного проектирования была разработана, изготовлена и смонтирована лабораторная установка для высокоскоростного прессования форм.

Установка (рисунок 1) состоит из станины 1, которая с помощью четырех анкерных болтов 2, закреплена на бетонном фундаменте. Сам фундамент разделен с помощью деревянной опалубки 5 на две части: обычный 3 и армированный 4. Такое разделение предотвращает появление и расползание трещин, которые могут образовываться от воздействия ударных нагрузок на баек-ударник 6. К байку с помощью двух болтов 7 крепиться подмодельная плита 8, а к ней в свою очередь опока 9, которая фиксируется с помощью все тех же болтов 7. Уплотнение здесь осуществляется с помощью плунжера 10, на который по направляющей трубе 11 падает груз, массу которого можно изменять. Направляющая труба закреплена над опокой с помощью специальной крепежной системы, состоящей из болтов и двух специально сделанных хомутов. Помимо этого данная крепежная система позволяет выставлять направляющую трубу строго над опокой. Для подстройки системы под разные высоты форм можно использовать каретку 12, которая с помощью специальных ползунов 13 перемещается по станине. Наборный груз поднимается на нужную высоту с помощью шнура и закрепленного на валу станины шкива 14 вручную. После чего шнур отпускается и груз под действием сил тяжести начинает падать внутри направляющей трубы, и в конце концов наносит удар по плунжеру, установленному в опоке. Таким образом смесь уплотняется. Варьировать величину плотности и твердости смеси можно с помощью изменения скорости груза, путем сбрасывания с разных высот, и массы груза.

Высота установки равна 3,3 метра, что позволяет развивать скорость до 9 м/с. Конструкция подъемного устройства позволяет поднимать груз массой до 50 кг.

Простота конструкции, малые затраты на создание и обслуживание, экологичность, надежность и хорошие результаты работы – все это является основными достоинствами разработанной установки. Проведенные исследования и научные изыскания показали, что с увеличением скорости нагружения плотность смеси по высоте формы выравнивается. Помимо этого была найдена оптимальная скорость уплотнения равная 6..8 м/с, обеспечивающая технологически необходимые параметры уплотнения. При увеличении скорости сверх оптимальной в форме наблюдалось появление горизонтальных трещин, что связано с тем что внутрепоровый воздух не успевает выходить через венты.

Уплотнение ВСП является хорошей заменой не только статическому прессованию, но и в ряде случаев встряхиванию. Кроме того, для моделей сложной конфигурации ударное уплотнение можно комбинировать со встряхиванием. В этом случае предварительное встряхи-

вание с последующим ударом повысит равномерность уплотнения, сократит цикл, значительно повысит качество форм[2].

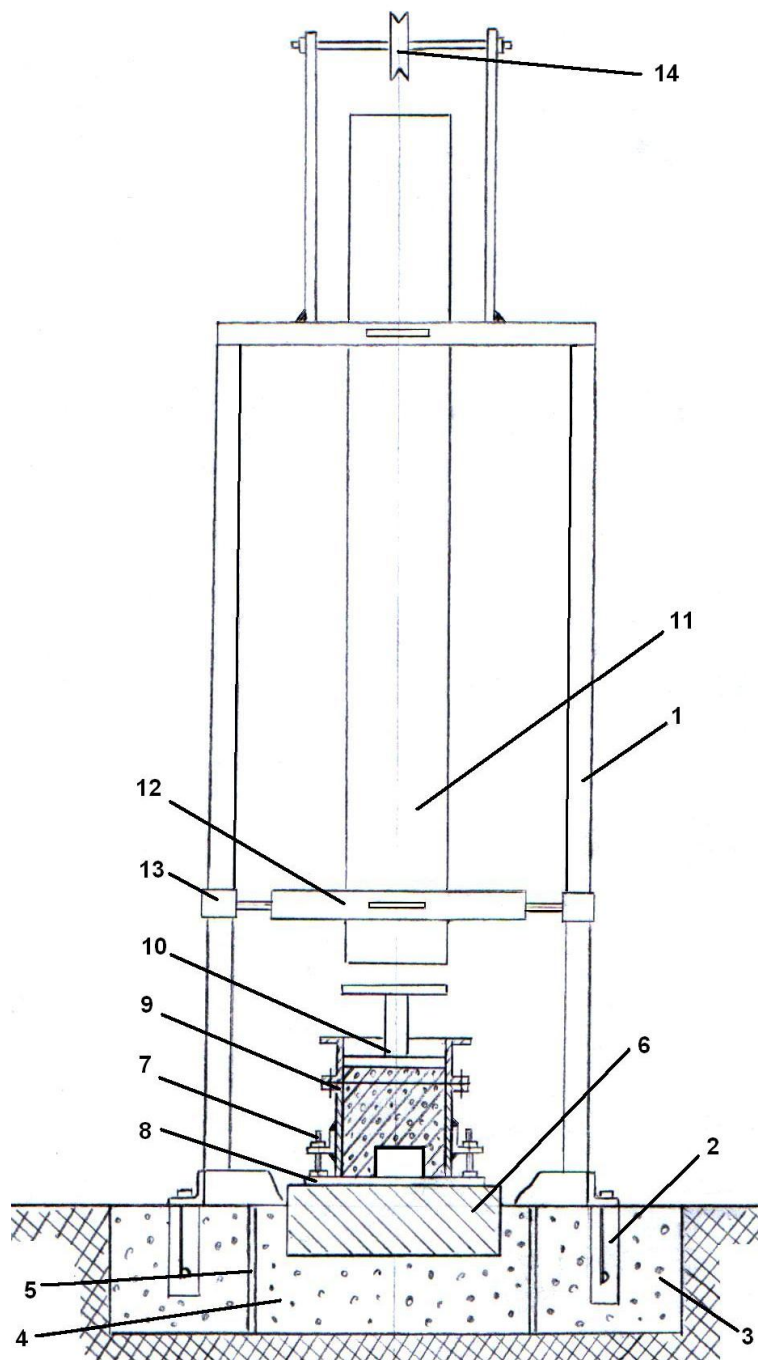


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для ВСП.

Выводы:

1. Изготовленная установки позволит проверить эффективность уплотнения высокоскоростным ударным прессованием с помощью проведения экспериментов по определения плотности и твердости формы в зависимости от изменения скорости и массы груза, вентиляции (верхней, нижней, верхней+нижней) и амортизации удара.

Литература:

1. Матвеев И. В., Исагулов А. З., Дайкер А. А. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. – Алматы: Гылым(Наука), 1998. – 345с.: ил.

2. Матвеев И. В. Скоростное прессование форм. //Литейное производство. 1981. №12. С. 20 – 21.

О ДИНАМИЧЕСКОМ УПЛОТНЕНИИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛЛОВ.

Ильиных Е.С. – студент, Варнек А.В. – студент,
В.Г. Москалев – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул

Для современного литейного производства характерны тенденции к повышению качества отливок, снижению их стоимости, наряду с жесткими экологическими требованиями к условиям труда и охране окружающей среды.

Качество отливки зависит в наибольшей степени от качества формы. Эта известная аксиома в значительной степени относится к песчано-глинистым формам, которые сегодня занимают главенствующее положение, благодаря своей универсальности и низкой стоимости. Качество формы, в свою очередь, зависит не только от применяемой смеси, оснастки, но и от режима и способа уплотнения. В связи с этим в настоящее время в технологии формовки наметилась тенденция к развитию уплотнения смесей динамическим и импульсным нагружением. Ярким примером динамического уплотнения является ВСП-процесс, а импульсного – газо- или воздушно-импульсные процессы.

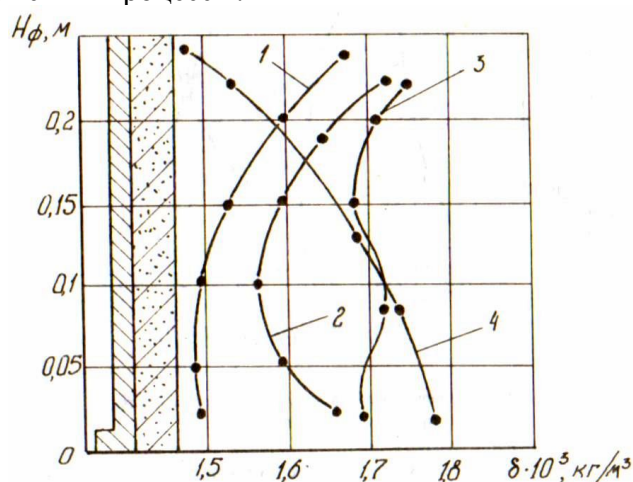


Рисунок 1 – Влияние различных способов формообразования на распределение плотности смеси по высоте формы, 1 – прессование; 2 – встряхивание с допрессовкой; 3 – скоростное ударное прессование; 4 – газоимпульсная формовка.

Импульсные формовочные машины и формовочные машины, в которых уплотнение смеси осуществляется продувкой (фильтрацией) сжатого воздуха через смесь дают достаточно высокое качество уплотнения формы, но вместе с тем при этом имеет место и достаточно высокий расход сжатого воздуха. Например, воздушно - импульсный процесс низкого давления по расходу сжатого воздуха для уплотнения одной формы расходует почти в 4 - 5 раз больше, чем известный процесс скоростного ударного прессования (ВСП-процесс)[1]. Наметилась тенденция к отходу от применения сжатого воздуха, как среды, непосредственно воздействующую на формовочную смесь в процессе уплотнения. Это, например, подтверждается тем, что в последние годы фирма DISA-BMD изготавливает и экспортирует во многие страны формовочные линии с процессом ударного или обычного прессования многоплунжерной колодкой, у которой плунжеры имеют чрезвычайно малую площадь рабочей поверхности. Такой процесс обеспечивает достижение требуемой степени уплотнения с минимальным расходом энергии. Другим преимуществом указанных процессов является то обстоятельство, что при данном процессе уплотнение смеси происходит без герметизации опоки, наполнительной рамки и рабочего органа машины (например, воздушно-импульсной головки). Это значит, что экономится энергия, расходуемая на создание необходимого усилия режима и герметизации. Применение ВСП значительно повышает долговечность, снижает износ машины, не вызывая увеличения веса и толщины модельной и опочной оснастки, значительно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда[2]. Помимо этого, исследования проведенные Матвеевко И.В. о влиянии различных способов формообразования на распределение плотности смеси по высоте формы показали что наиболее равномерное распре-

деление достигается именно при скоростном ударном прессовании литейных форм (рисунок 1).

В результате проведенного патентно-информационного исследования динамического уплотнения дисперсных материалов выяснилось, что такой вид уплотнения используется не только в литейном производстве для уплотнения форм, но и в других областях промышленности. К примеру, в строительстве - для изготовления кирпичей и других керамических изделий, в медицине - для изготовления медикаментов, в порошковой металлургии - для формовки порошков. Такое распространение связано со стремлением к повышению эффективности и производительности процессов уплотнения.

На основе проведенного анализа математических моделей динамического уплотнения, в качестве математической модели ударного прессования формовочной смеси была выбрана и переработана модель ударного прессования керамических порошков:

1. Степень сжатия формовочной смеси

$$\delta_{\text{сжм}} = \frac{V_0}{V_k}.$$

2. Исходная плотность формовочной смеси

$$\rho_0 = \frac{m_{\text{см}}}{V_0},$$

3. Конечная плотность формовочной смеси

$$\rho_k = \frac{m_{\text{см}}}{V_k},$$

4. Время прессования t_n можно определить по формуле

$$t_n = \frac{\Delta x}{V_n}.$$

5. Скорость прессования

$$V_n = \sqrt{2gh}.$$

6. Энергия единичного удара

$$T = \frac{mV^2}{2} = mgh.$$

7. Ударный импульс

$$S = Pt = mgt.$$

8. Полная высота опускания груза

$$H = H_0 + \Delta x.$$

9. Работа прессования

$$W_n = Q \Delta x.$$

10. Работа падения груза

$$W_z = mg(H_0 + \Delta x).$$

11. Мощность прессования

$$N = QV_n = \frac{W_n}{t_n}$$

Данная математическая модель позволяет вычислять выходные характеристики динамического ударного прессования литейных форм.

Выводы:

1. Высокоскоростное ударное прессования является одним из наиболее перспективных динамических методов уплотнения литейных форм. В связи с чем, на кафедре МТиО АлтГТУ была разработана, изготовлена и смонтирована лабораторная установка для скоростного прессования литейных форм падающим грузом.

Литература:

1. Матвеев И. В., Исагулов А. З., Дайкер А. А. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. – Алматы: Гылым(Наука), 1998. – 345с.: ил.

2. Матвеев И. В., Шевцов Е. И. Динамическое уплотнение литейных форм. //Литейное производство. 1974. №6. С. 30 – 31.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Заковряшина Ю.А. – студентка, Марширов И.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Системы анализа (Computer Aided Engineering – CAE или, по-русски, – СКМ) литейных процессов (ЛП) уже давно используются литейщиками всего мира как «виртуальный литейный цех», где можно реализовать и проверить любые фантазии, возникающие в голове конструктора и технолога. СКМ ЛП позволяют проанализировать технологический процесс получения отливки на этапе его разработки, подобрать необходимую литниково-питающую систему и определить оптимальные технологические параметры.

Рассмотрим три схемы организации производственного процесса: традиционную (без использования СКМ ЛП) и две «прогрессивных», подразумевающих внедрение современного метода разработки и оптимизации технологических процессов.

1. Традиционный подход (метод «проб и ошибок»)

На рисунке 1 показана часто встречающаяся схема взаимодействия конструктора (КБ) и подразделений литейного цеха. Слабое место этой схемы в том, что если технолог не уверен в «технологичности» отливки, предложенной конструктором, доказать необходимость внесения изменений чаще всего удается только после множества неудачных пробных заливок. Конструкторы, напротив, в этих неудачах до последнего склонны видеть непрофессионализм технологов. Финансовые потери, которые при этом несет предприятие, – хорошая основа для разговоров об убыточности литейного производства.



Рисунок 1 - Разработка технологии по методу «проб и ошибок»

2. Разработка нового технологического процесса с применением СКМ ЛП

Схема, описывающая разработку технологии для получения новой отливки, показана на рисунке 2.

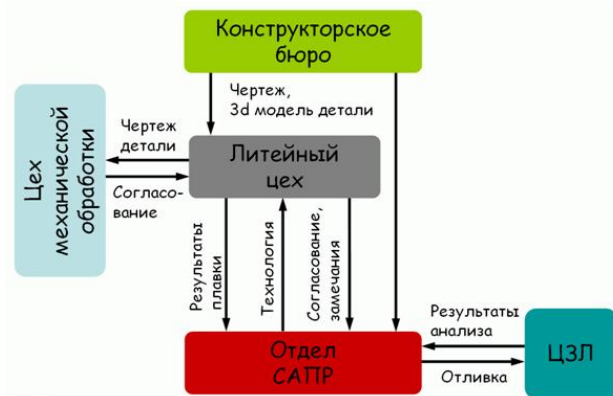


Рисунок 2 - Разработка технологии получения новых отливок с применением СКМ ЛП

В структуре предприятия она предполагает наличие подразделения (назовем его отдел САПР ЛП), которое эксплуатирует СКМ ЛП. Результаты согласования (в виде эскиза) и свои соображения относительно технологии производства отливки (ЛПС, технологические параметры) технологи литейного цеха передают в отдел САПР ЛП для моделирования и разработки технологии.

Разработанная в отделе САПР ЛП технология передается в литейный цех. Цех проводит опытные плавки. Полученные отливки проходят контроль и, если есть необходимость, передаются на исследование в центральную заводскую лабораторию (ЦЗЛ). В случае брака результаты контроля в литейном цехе и результаты исследований в ЦЗЛ передаются в отдел САПР ЛП. Далее проводится корректировка ЛПС, параметров технологического процесса, делаются дополнительные расчеты, в ходе которых добиваются получения годной отливки «на экране». Откорректированная технология передается в литейный цех для проведения еще одной опытной плавки.

3. Методика моделирования при повышении выхода годного серийных отливок

Мероприятия по повышению выхода годного для отливок серийного производства тоже обязательно включают этап моделирования (рис. 3). Отличие методики снижения брака от разработки новой технологии состоит прежде всего в том, что сама технология уже существует. Относительно свободно можно варьировать технологические параметры (температура формы, заливки, схема утепления блока и т.п.).

На основании имеющихся данных отдел САПР ЛП проводит расчеты, добиваясь результатов, удовлетворительно совпадающих с реальностью. Новая технология и эскизы новой ЛПС передаются в литейный цех для изготовления опытной партии отливок. Дальше в зависимости от результатов контроля этой партии принимается решение или о доработке технологии, или о ее запуске в серийное производство.

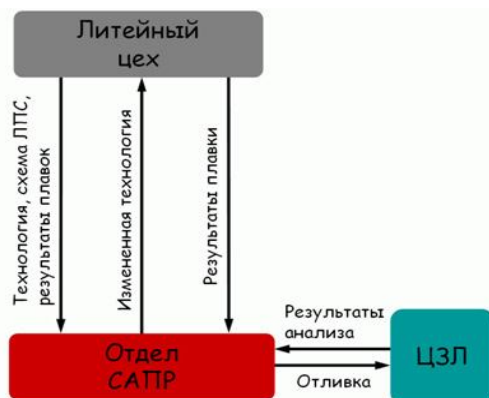


Рисунок 3 - Оптимизация серийной технологии с применением СКМ ЛП

В ходе представленной работы была разработана литейная технология для отливки «Патрубок» (данная отливка изготавливается из алюминиевого сплава АК9ч литьем в кокиль). Для построения геометрической модели данной отливки использована САД-система SolidWorks. Моделирование литейных процессов выполнялось посредством применения САЕ-системы «Полигон».

Основными этапами выполнения работы являлись:

- построение геометрической модели детали;
- разработка геометрической модели отливки;
- расчет элементов литниково-питающей системы (ЛПС);
- моделирование усадочных процессов (образование макро- и микропористости), а также решение тепловой и гидродинамической задач в отливке;
- разработка геометрических моделей модельной оснастки и рабочих чертежей для изготовления отливок.

По чертежу детали (рис. 4) построены 3D модели отливок со всеми технологическими элементами ЛПС и прибылями.

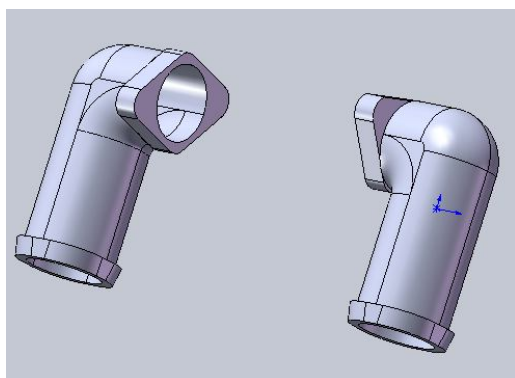


Рисунок 4 – Геометрическая модель отливки

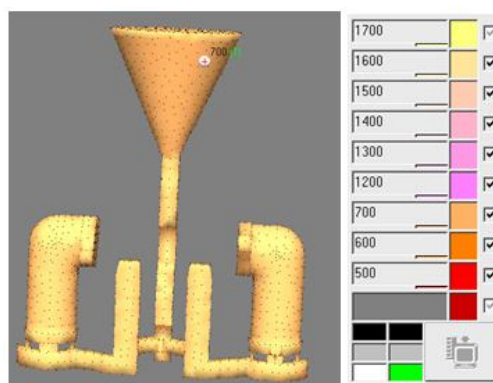


Рисунок 5 – Заполнение расплавом формы

На следующем этапе был выполнен предварительный расчет элементов литниковой системы, в т.ч. прибыль.

Для решения гидродинамической задачи при моделировании в СКМ «Полигон» использовали модуль Эйлер-3D (рис. 5)

В результате этого расчета появляется возможность моделировать процесс заполнения формы жидким металлом, а также получить начальное распределение температурных полей в отливке и форме, которое может быть использовано при тепловых расчетах в модуле «Фурье», что значительно повышает достоверность расчетов.

Последующие этапы моделирования в модуле Фурье 3D с проведением последующей корректировки ЛПС (рис. 6) позволили разработать технологию получения отливки «Патрубок» без дефектов усадочного происхождения.

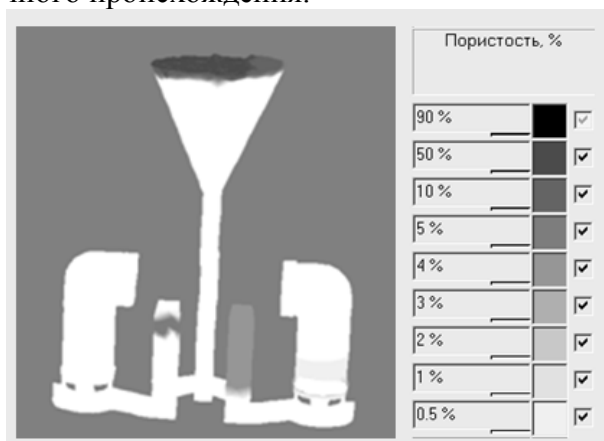


Рисунок 6 – Результаты моделирования усадочных процессов

Таким образом, применение СКМ «Полигон» позволяет оценить эффективность литниково-питающей системы еще на стадии разработки техпроцесса и выбрать наиболее оптимальный вариант для получения качественной отливки, не прибегая к дорогостоящему производственному опробованию.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ЦЕНТРОБЕЖНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК

Кононов И.А., Яманов Н.Р. – студенты, Широков Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Центробежным способом изготавливают фасонные отливки в тех случаях, когда литьем в не подвижные формы эти отливки или не могут быть получены, или получаются с плохими технико- экономическими показателями. Анализ технической литературы показывает, что центробежное литье фасонных отливок особенно эффективно в случае литья тонкостенных отливок со сложнопрофильным очертанием наружных поверхностей.

Таковыми конструктивными особенностями в полной мере обладают отливки художественного и ювелирного направления. Они, кроме всего прочего, требуют хорошего питания затвердевающего металла, достаточной жидкотекучести в условиях повышенной вязкости и высокого поверхностного натяжения жидкого металла при невозможности большого перегрева.

Для получения художественных отливок на кафедре “Машиностроительные технологии и оборудование” разработана и изготовлена специализированная центробежная установка. В этой установке (рис.1) на валу двигателя 1 смонтирована траверса 2, с расположенными на ней монтажными стойками 3. Стойки образуют три рабочие зоны, в которых располагаются контейнер 4 с литейной формой 5, заливочное устройство 6 и система противовесов 7,8.

Двухстороннее крепление к стойкам каждого из названных элементов конструкции позволяет сформировать достаточно жесткую конструкцию, работающую в условиях силового центробежного поля. Одновременно с этим такое крепление в стационарных условиях обеспечивает возможность независимого технического обслуживания каждой рабочей зоны.

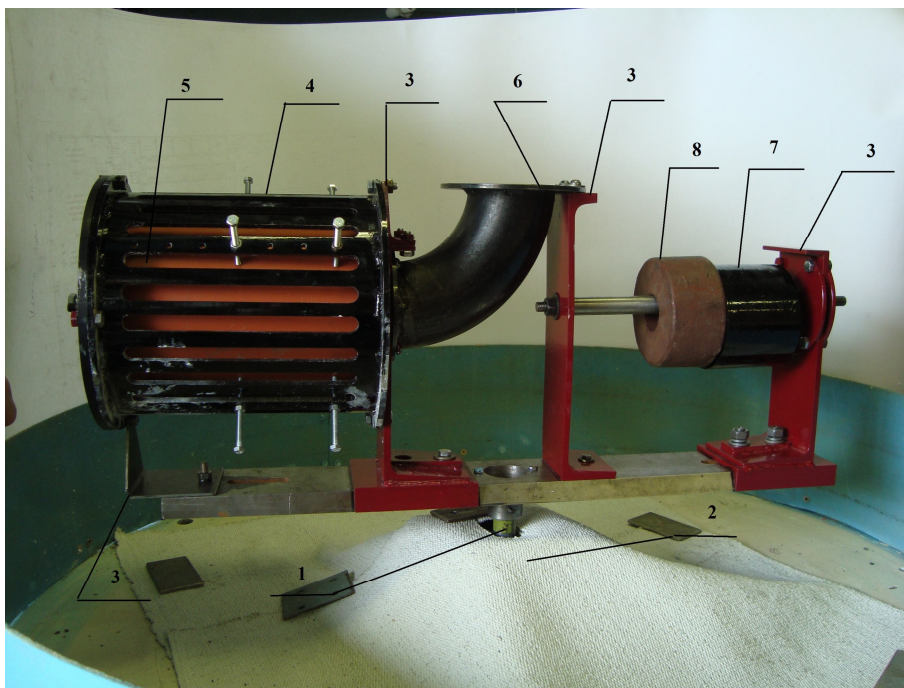
Литейные формы цилиндрической конфигурации с максимальными диаметрами 200 мм. и длиной 240 мм. устанавливаются и фиксируются внутри контейнера. При этом заливочное отверстие формы располагается соосно выходному отверстию литникового канала заливочного устройства.

Отличительной особенностью разработанного процесса изготовления художественных отливок является то, что вся подготовка требуемого расплава производится за пределами установки. Заливка расплава осуществляется при вращении траверсы со скоростью 60...200 об/мин. Для проведения заливки в таких условиях входное отверстие литникового канала в заливочном устройстве располагается соосно с вертикальной осью вращения траверсы и выводится за пределы верхней крышки ограждения установки.

Нормальная работа установки предполагает устранение вредного влияния динамических нагрузок быстровращающихся элементов конструкции по причине их неуравновешенности. В процессе балансировки определялись массы вращающихся частей установки находящихся по разные стороны от оси вращения траверсы и точное расположение их центров тяжести. При этом отдельно определялись параметры противовеса для собственной балансировки установки загруженной конкретной формой с учетом массы заливочного расплава.

Работа установки предполагает объемное дозирование заливаемого расплава и использование мерных ковшей, изготовление которых не представляет больших затрат. Однако, в случае передозировки расплава и его несанкционированного затвердевания в литниковом канале заливочного устройства, могут возникнуть трудности при извлечении формы из контейнера. Для решения этой проблемы промежуточная стойка установки, соединяющая контейнер и заливочное устройство выполнена разъемной. Такая ее конструкция позволяет за счет проворачивания в вертикальной плоскости контейнера с формой произвести беспрепятственное разделение контейнера и заливочного устройства.

Процесс получения реальной художественной отливки показал удовлетворительную работу установки и наметил пути ее дальнейшего совершенствования.



МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ НАСЫЩАЮЩИЕ СМЕСИ

Демченко А.Н. – студентка, Малькова Н.Ю. – ст.преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Химико-термическая обработка (ХТО) стали - совокупность операций термической обработки с насыщением поверхности изделия различными элементами (углерод, азот, алюминий, кремний, хром и др.) при высоких температурах.

ХТО подвергаются изделия из стали, чугуна, чистых металлов, сплавов на основе никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, меди, алюминия и др.

Химико-термическая обработка повышает твердость, износостойкость, кавитационную, коррозионную стойкость. Химико-термическая обработка, создавая на поверхности изделий благоприятные остаточные напряжения сжатия, увеличивает надежность, долговечность.

Основными методами насыщения, применяемыми при ХТО являются:

- а) диффузионное насыщение из порошковых смесей;
- б) прямоточный и циркуляционный методы диффузионного насыщения из газовых сред;
- в) диффузионное насыщение из расплавов металлов или солей, содержащих диффундирующий элемент;
- г) насыщение из паст и суспензий;
- д) диффузионное насыщение в вакууме.

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье, хотелось бы остановиться на использовании насыщения из паст и суспензий (обмазок), т.к. основным достоинством химико-термической обработки с помощью обмазок является возможность осуществления упрочнения рабочих поверхностей изделий практически любой формы и габаритов без использования специального оборудования. Используя различные насыщающие смеси, можно изменять свойства поверхностных слоев изделий из стали, одновременно защищая их от окисления и обезуглероживания. Существенного повышения долговечности изделий из сплавов на основе железа за счет их диффузионного насыщения с помощью обмазок можно ожидать в случаях, когда основными причинами их выхода из строя является: изнашивание, разгар, поверхностное разрушение вследствие контакта с агрессивными средами.

В состав обмазок для проведения ХТО вводят множество компонентов влияющих на тот или иной параметр. Так, при борировании за основу насыщающей смеси принимают карбид бора (B_4C) в качестве поставщика бора, позволяющего получить поверхностные слои, обладающие высокой твердостью, что способствует повышению износостойкости и теплостойкости изделий, эксплуатируемых в различных условиях: при повышенных температурах, при знакопеременных и ударных нагрузках. Для активизирования процесса насыщения из обмазки используется фторид аммония (NH_4F). Мелкодисперсный графит обеспечивает достаточную толщину диффузионных слоев и легкое отделение обмазки после процесса насыщения. Бентонит обеспечивает необходимую жесткость обмазке в процессе насыщения и предотвращает осыпание обмазки в процессе сушки. При борохромировании кроме вышеперечисленных компонентов вводят феррохром ($FeCr$), являющийся поставщиком хрома для повышения жаростойкости, коррозионной стойкости в пресной и морской воде, растворах солей и кислот, эрозионной стойкости, при боротитанировании – диборид титана используется для придания стальным изделиям исключительно высокой коррозионной стойкости.