

4190466
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

Игорь Степанович ЗИНОВЬЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ И
ВОЛОКНИСТОГО СТРОЕНИЯ ПРИ НАБОРНОЙ
ВЫСАДКЕ

(05.03.08 — «Технология и машины обработки давлением»)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель — к. т. н., доцент Е. И. Семенов.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор О. А. Ганаго,
кандидат технических наук Н. И. Ромашко.

Ведущее предприятие — НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ.

Автореферат разослан « . . . » 1973 г.

Защита диссертации состоится « . . . » 1973 г.
на заседании Совета факультета Автоматизации и механизации
производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени высшего технического училища им. Н. Э. Ба
ул., д. 5.

С диссе
им. Н. Э.

отеке МВТУ

Ваши с
ные печат

ах, заверен-
адресу.

Учены

к. т. н.

А. Степанов

М190466

В директивах XXIV съезда КПСС поставлена задача по дальнейшему повышению качества машин. Важным направлением в решении этой задачи является повышение качества поковок. Большое количество поковок изготавливается высадкой, которая является относительно мало изученным процессом. Недостаточно изучен вопрос формоизменения заготовки при горячей наборной высадке на ГКМ. Вместе с тем качество поковок непосредственно зависит от формоизменения заготовки. Многочисленные рекомендации по расчёту наборных переходов существенно отличаются одна от другой по интенсивности процесса набора. Однако в литературе отсутствуют работы, посвящённые анализу и сопоставлению рекомендаций по расчёту наборных переходов на основе требований к качеству. Вопросы количественной оценки влияния волокнистого строения деталей машин на их служебные свойства в настоящее время получают дальнейшее развитие в исследованиях по прочности. В литературе практически отсутствуют работы, рассматривающие особенности волокнистого строения поковок, получаемых горячей наборной высадкой. В связи с этим ставится задача получения поковок с контролируемым волокнистым строением.

Большое значение имеет развитие и совершенствование способов однопереходной высадки, которая является наиболее производительной и позволяет использовать различные оборудование.

Целью данной работы являлось изучение формоизменения и волокнистого строения при горячей наборной высадке, создание на этой основе метода расчёта многопереходной высадки поковок типа стержня с фланцем с контролируемым волокнистым строением и усовершенствование технологии однопереходной высадки.

Диссертация состоит из четырёх глав.

В I-й главе изложены требования к волокнистому строению поковок типа стержня с фланцем; дан анализ литературы по высадке и сформулированы основные задачи исследования.

Во II-й главе рассмотрены вопросы формоизменения и волокнистого строения при высадке в коническом пуансоне.

В III-й главе рассмотрены разработанные способы однопереходной высадки коротких стержней с утолщением в средней части и



1190 466

шарнирных болтов со сферической головкой, а также результаты экспериментальных исследований штамповки поковок внутренних колец железнодорожных подшипников с благоприятным волокнистым строением.

В IV-й главе изложены рекомендации по расчёту наборных переходов.

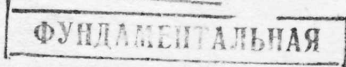
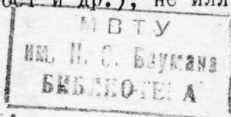
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поковку типа стержня с фланцем получают наборной высадкой. Эта поковка является также промежуточным переходом при штамповке поковок колец и втулок, поковок с полостями и полыми утолщениями. Исходя из характера нагрузок, воспринимаемых деталями, получаемыми из поковок типа стержня с фланцем в условиях эксплуатации, в работе были установлены следующие общие требования к их волокнистому строению: симметричность относительно центральной оси поковки; плавность, т.е. отсутствие перегибов волокон, не обусловленных конфигурацией наружного контура поковки; огибание контура, при котором волокна должны выходить к рабочей поверхности детали под углом, равным нулю.

При горячей высадке заготовок с $\psi > \psi_{кр.}$ в наибольшей степени используется набор в коническом пуансоне (ψ - отношение длины высаживаемой части прутка l к диаметру прутка d ; $\psi_{кр.}$ - относительная длина высаживаемой части прутка, при которой наступает изгиб). В существующей практике проведения предварительных наборных переходов с незаполнением наборной полости и несимметричным формоизменением, обусловленным изгибом заготовки, предварительный конический переход получает несовершенную геометрическую форму. Известные методы расчёта конических переходов характеризуются 3-мя основными признаками:

- а) Уровнем ограничений величин максимальных отношений размерных параметров конического перехода.
- б) Основной функциональной зависимостью между параметрами конического перехода.
- в) Подходом к определению меньшего диаметра конического перехода.

Рекомендации, определяющие на основе признака "а" минимальную интенсивность набора (з. фост и др.), не иллюстри



руются экспериментальными или теоретическими обоснованиями, что затрудняет оценку степени их приемлемости. В экспериментальных основах рекомендаций, определяющих относительно среднюю (В. Диуэлл) и максимально возможную (В. Диуэлл, А.Д. Томлёнов) интенсивность набора, подход к оценке качества высадки, полученной после I-го наборного перехода основан на необходимых, но недостаточных предпосылках, поскольку удовлетворяется требование отсутствия зажимов и радиального заусенца, но не принимается во внимание требование отчётливого заполнения конической полости.

Наиболее ранние рекомендации по расчёту конических переходов принадлежат Е. Фросту. Несмотря на более поздние уточнения этих рекомендаций в направлении интенсификации процесса набора, например В. Диуэллом, в руководствах по проектированию штампов ГKM в США, Англии, ФРГ и ЧССР рекомендуется проводить наборные переходы на уровне или даже ниже интенсивности, установленной Е. Фростом.

В СССР имелаась тенденция к интенсификации высадочных переходов, которая в 50+60 -х годах сменилась тенденцией к снижению интенсивности набора главным образом за счёт введения относительно больших значений коэффициента незаполнения наборной полости. В зарубежных рекомендациях величина коэффициента незаполнения не оговаривается или предусматривается в значительно меньших пределах.

Рассмотрение известных методов расчёта показывает, что лежащие в их основе функциональные зависимости между размерными параметрами конической высадки могут рассматриваться лишь в качестве условных. Принятие таких зависимостей может оправдываться в основном соображениями определённости расчёта и, в значительной степени является произвольным.

В патентной и технической литературе известны технологические процессы однопереходной высадки заготовок с $\psi > \psi_{кр}$. Рассмотрение соответствующих этим процессам конструкций штампов показывает, что они сложны или не обеспечивают достаточной стойкости в условиях горячей высадки.

Основные задачи работы:

I. Исследование особенностей формоизменения заготовки в процессе наборной высадки.

2. Выявление функциональных зависимостей между размерными параметрами конической высадки.

3. Уточнение максимальных отношений размерных параметров конической высадки.

4. Выявление связи между формоизменением заготовки и особенностями её волокнистого строения в процессе наборных переходов и при высадке поковок типа стержня с фланцем.

5. Исследование влияния несовершенств геометрической формы предварительно высаженной заготовки на формоизменение при последующих наборных переходах и высадке фланца.

6. Разработка конструкций штампов для однопереходной высадки, обеспечивающих получение качественных поковок типа стержня с фланцем при высокой стойкости инструмента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ И ВОЛОКНИСТОГО СТРОЕНИЯ ПРИ ВЫСАДКЕ В КОНИЧЕСКОМ ПУАНСОНЕ

Исследования формоизменения проводили при $\psi = 3+17$ в конических пуансонах с углом конической полости $2\varphi = 20^{\circ}40' \div 1^{\circ}$ на заготовках диаметром 30 мм из свинца и алюминия АД-1. В экспериментах принималось $\lambda = 1$ (λ - отношение меньшего диаметра конического пуансона d_k к диаметру заготовки).

Из кривых упрочнения установлено, что при средних для экспериментов скоростях деформации, коэффициент упрочнения свинца $\alpha = 0,36$, для алюминия АД-1 $\alpha = 0,25$ ($\alpha = \frac{\sigma_{\epsilon_i}}{\sigma_{\epsilon_i}} \cdot \frac{\epsilon_i}{\epsilon_i}$; ϵ_i и ϵ_i - интенсивности напряжений и деформаций соответственно).

Эксперименты по формоизменению позволили выделить 3 основных этапа высадки: 1-й этап - устойчивая осадка; 2-й этап - изгиб в одной плоскости; 3-й этап - пространственные изгибы. Поведение заготовки на 1-м этапе соответствует известной закономерности, согласно которой степень деформации, предшествующая потере устойчивости увеличивается с уменьшением ψ , а при равных ψ - больше для свинца, чем для алюминия. На 2-м этапе высадки изгиб заготовки после потери устойчивости имеет синусоидальный характер и проходит в одной плоскости (1-я базовая плоскость). Принимая, что условия заделки заготовки являются жесткими и пренебрегая участком заполнения верхней части штампа к моменту потери устойчивости, было получено уравнение изогнутой оси заготовки в 1-й базовой плоскости:

$$y = \frac{f}{2} (1 - \cos \frac{2\pi x}{\ell_x}) \quad (1),$$

где: y - прогиб заготовки в произвольном сечении, перпендикулярном оси x , совпадающей с центральной осью пуансона, причём начало координат расположено в центре сечения, разделяющего высаживаемую и зажатую части заготовки; f - максимальный прогиб в средней изгибаемой части заготовки; ℓ_x - проекция изгибаемой длины заготовки на ось x в данный момент нагружения.

Контур заготовки в I-й базовой плоскости соответствует уравнению изогнутой оси. В момент касания наружного контура заготовки с боковой поверхностью штампа образующая боковой поверхности штампа в I-й базовой плоскости является касательной к наружному контуру. Совместное решение уравнений наружного контура и касательной приводит к выражению

$$x = 0,63 \ell_x, \quad (2),$$

которое определяет координату точки касания наружного контура заготовки с конической полостью и показывает, что при высадке в коническом пуансоне с $\beta = 1$ отношение проекции контакта выпуклой поверхности заготовки на центральную ось пуансона к проекции изгибаемой длины заготовки на эту же ось определяется только синусоидальной формой изгиба заготовки и является постоянным. Выражение (2) было подтверждено экспериментально. После контакта со стенкой штампа максимальное сопротивление изгибу с учётом подпора заготовки со стороны конической полости соответствует I-ой базовой плоскости. В плоскости, перпендикулярной I-й базовой плоскости (2-я базовая плоскость), сопротивление изгибу заготовки минимально. Из выражения (2) следует, что при дальнейшем осаживании заготовки пространственный изгиб может возникнуть только в её нижней части во 2-й базовой плоскости. Эксперименты показывают, что пространственный изгиб происходит при определённых значениях $\psi \gg \psi_{кр.П}$. Величина $\psi_{кр.П}$ зависит от материала заготовки и от угла ψ . При высадке заготовок из АД-I пространственные изгибы наблюдались при $\psi_{кр.П} = 5,08 + 5,3$ и при $\psi_{кр.П} = 6,0 + 6,3$ - на заготовках из свинца. Меньшие указанные значения относятся к углу $\psi = 5^\circ$, большие - к углу $\psi = 3^\circ$. Значение $\psi_{кр.П}$ может рассматриваться как 2-е критическое значение ψ . Эта величина соответствует переходу плоской формы изгиба заготовки в пространственную.

По мере развития пространственного изгиба в нижней части заготовки развивается наклонный след контакта с конической полостью, ширина и угол наклона которого к оси симметрии штампа увеличиваются, а увеличение диаметра заготовки за счёт радиального течения преимущественно происходит на участках неподдерживаемой длины. В дальнейшем пространственный изгиб развивается также в верхней части заготовки, а спиралевидный след контакта и соответствующая ему спиралевидная вогнутость развиваются от средней части по всей длине заготовки.

Опыты по заполняемости конической полости проводили при $\zeta=1$ и коэффициенте незаполнения $\mathcal{U}=1$. После высадки при данных размерах конуса и заготовки каждый из пуансонов перетачивался по торцу, соответствующему большему диаметру конической полости

ψ и высадку проводили при меньшем значении ψ . Для каждого из пуансонов были установлены предельные размерные параметры высадки, при которых заготовка заполняет штамп без зажимов и радиального заусенца. Обработка результатов экспериментов позволила получить функциональные зависимости между размерными параметрами высадки, представленные в табл. I.

Таблица I

№ п/п	Зависимость	свинец	Нагартованный АД-1
1	$\beta = f(\xi_k)$	$\beta = -0,39 + \sqrt{7,56 - 16(\xi_k - 1,12)^2}$	$\beta = -0,38 + \sqrt{6,05 - 16(\xi_k - 1,18)^2}$
2	$\beta = f(\psi)$	$\beta = 0,25 + 0,45\psi - 0,026\psi^2$	$\beta = 0,26 + 0,45\psi - 0,028\psi^2$
3	$\xi_k = f(\psi)$	$\xi_k = 1,83 - 0,0626\psi; \quad (3)$	$\xi_k = 1,81 - 0,0665\psi \quad (3a)$

В табл. I приняты следующие обозначения: $\beta = \frac{l_8 - l_k}{d}$ — относительная осадка; l_k — длина конуса; $\xi_k = \frac{d_k}{d}$ — относительный больший диаметр конуса.

Эксперименты позволили сделать следующие выводы:

а) При высадке в конической полости с $\varphi = 2^{\circ}5' \div 1^{\circ}51'$ возможно её отчётливое заполнение без радиального заусенца, когда $\beta = 2,18 \pm 0,24$ для свинца и $\beta = 2,03 \pm 0,02$ для алюминия.

б) При указанных величинах φ и β значительно увеличиваются силы трения по поверхности контакта заготовки и конуса, поэтому из условия предотвращения "схватывания" заготовки пуансоном следует принимать $\beta_{\text{доп}} < 2,2$ для свинца и $\beta_{\text{доп}} < 2,0$ для АД-1 при $\varphi_{\text{доп}} > 2^{\circ}$.

Сопоставление зависимостей табл. I на основе уравнений объёмных отношений позволило сделать вывод о целесообразности принятия в качестве основных зависимостей (3) и (3а), табл. I, что подтверждается экспериментами по выявлению величин критического начального прогиба заготовки после потери устойчивости

$f_{кр.}$, которые проводились на свинце. В качестве величины критического прогиба принимали такую величину начального прогиба, при которой на выпуклой части заготовки начинают появляться деформации растяжения. Было установлено, что при $\varphi = 5+7$ относительный критический прогиб $\frac{f_{кр}}{\sigma} = 0,135 \pm 0,125$ соответственно. Для последних величин из уравнений (1), (2) и геометрических отношений были получены отвечающие им значения ε_k , сопоставление которых с величинами ε_k , рассчитанными по уравнению (3) показывает, что максимальное отклонение не превышает 6,5%. Таким образом, принятие предельной границы параметров конической высадки на основе уравнений (3) и (3а) соответствует границе отклонений высадочных параметров из условия начала возникновения остаточных деформаций растяжения на выпуклой части образца.

Значения параметров высадки, полученные для B_{max} из уравнений (3) и (3а), уравнений объёмных отношений и условия предотвращения "схватывания" заготовки пуансоном представлены в таблице 2.

Таблица 2

Материал заготовки	B_{max}	ε_k	φ	λ	φ	η	μ
свинец	2,16	1,375	7,27	5,11	$206'$	I	I
АД-I	1,95	1,36	6,77	4,83	$206'$	I	I

Значения размерных параметров конической высадки, соответствующие $\varepsilon_{k,max}$ (табл.3) были получены из уравнений (3) и (3а), уравнений объёмных отношений и зависимости $\varphi_{кр} = 4,5\sqrt{\lambda}$ (Е.Н. Мошин и Н.И. Ромашко).

Таблица 3

Материал заготовки	$\varepsilon_{k,max}$	B	φ	λ	φ	η	μ
свинец	1,66	1,2	2,7	1,495	$120'25'$	I	I
АД-I	1,66	1,0	2,25	1,245	$140'50'$	I	I

Получение относительно точных границ зон ограничения по условию "схватывания" связано с трудно учитываемым фактором трения. В качестве таких границ были приняты кривые постоянных значений $\psi = 7,27$ для свинца и $\psi = 6,77$ для АД-I. На рисунке криволинейный треугольник $a'b'o$ соответствует в координатах $\beta - \epsilon_k$ зоне ограничения конической высадки нагартованного алюминия АД-I. Кривая $a'b'$ отвечает уравнению (3а), кривая $o'a'$ - значениям $\psi = 6,77 = const$ и кривая $o'b'$ - значениям $\psi_{кр.} = 2,25 = const$. В точке $c' \epsilon_k = 1,5$ и $\psi = 4,65$. Из анализа известной по литературным данным кривой устойчивости $\psi = f(\epsilon_i, \alpha)$ при $\alpha = 0,25$ следует, что этапом устойчивой осадки, предшествующим потере устойчивости можно пренебречь для заготовок с $\psi > 4,5$. Поэтому прямую $\epsilon_k = 1,5 = const$ можно принять в качестве дополнительной границы конической высадки заготовок, имеющих угол скоса торца $\gamma > 2^\circ$. Зона ограничения конической высадки таких заготовок из нагартованного АД-I на рисунке представлена криволинейным многоугольником $a'c'd'o$.

Эксперименты показали, что различие в формоизменении и заправляемости различных металлов может рассматриваться в зависимости от их упрочняемости при температурно-скоростных условиях высадки. Анализируя кривые упрочнения различных сталей (ст.45, У12А, ХВГ, 1Х18Н9Т) при температурах $900 \pm 1200^\circ C$ и при соответствующей скорости деформации, было установлено, что значения показателей упрочнения этих сталей $\alpha \gg 0,25$. Это позволило сделать вывод о том, что зоны ограничения параметров высадки алюминия могут быть приняты в качестве зон ограничения параметров горячей высадки стали. Правомерность этого вывода была также подтверждена экспериментами на ГKM для образцов из стали 3 в горячем состоянии при параметрах высадки I-го наборного перехода, соответствующих правилу 3а.

На рисунке дано сопоставление положения в координатах $\beta - \epsilon_k$ зон ограничения конической высадки, полученных на основе ряда рекомендаций, определяющих минимальную и среднюю интенсивность набора, с положением многоугольников $a'b'o$ и $a'c'd'o$, показывающее, что высадка без радиального заусенца на основе рекомендаций, определяющих среднюю интенсивность набора, возможна только при $\epsilon_i > 1$. Расчётные границы рекомендаций, определяющих минимальную интенсивность набора, проходят ниже расчётной границы $a'b'$, что показывает возможность относительной интенсификации набора при её использовании для расчёта значений параметров вы-

садки. Как следует из рисунка, ограничение величины $\psi \leq 6,8$ при $\angle = I$ (кривая $a'o$) близко к ограничению $\psi \leq 7,0$ (кривая $\angle(V)$) по немецким и чехословацким рекомендациям.

Для уточнения значений $\psi_{кр.}$ при $\gamma > 0^\circ$ были проведены опыты по высадке свинцовых заготовок при $\gamma = 0^\circ; 8^\circ; 5^\circ; 7^\circ; 10^\circ$, показавшие, что зависимость $\psi_{кр.} = f(\gamma)$ является линейной. На основе этой зависимости и с учётом литературных данных о влиянии факторов размера и материала заготовки, были получены формулы для расчёта допускаемой относительной длины l_0 высаживаемой части прутка в условиях горячей высадки плоским пуансоном:

$$\text{при } d > 50 \text{ мм} \quad l_0 = 4,5\sqrt{d} - 5,7 \quad \gamma \leq 2,7$$

$$\text{при } d \leq 50 \text{ мм} \quad l_0 = (4,5\sqrt{d} - 5,7 \gamma) (0,85 + 0,008d) \leq 2,7.$$

Исследования волокнистого строения, которые проводились на образцах из АД-I, показали, что при наборе с ограниченным изгибом заготовки в конической полости искажения волокнистого строения неизбежны и определяются особенностями формоизменения: продольным изгибом вследствие потери устойчивости и несимметричным смещением металла в неподдерживаемой части заготовки. Для количественной оценки симметричности линий волокнистого строения относительно центральной оси конических переходов и поковок типа стержня с фланцем были предложены следующие показатели:

1) Коэффициент максимального относительного смещения

$$K_{max} = \Delta_{max} \frac{V_{ср.}}{d \cdot H},$$

где Δ_{max} — максимальная величина смещения центрального волокна относительно центральной оси поковки; $V_{ср.} = 1,3 \sqrt{V_{ср.}}$; H — высота высаженной части поковки; $V_{ср.}$ — объём высаженной части поковки.

2) Коэффициент среднего относительного смещения

$$K_{ср.} = \Delta_{ср.} \frac{V_{ср.}}{d \cdot H},$$

где $\Delta_{ср.} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n}$ — средняя величина смещения центрального волокна относительно центральной оси поковки; $n = 0,1, 2, 3, \dots$ — показатель плавности, численно равный количеству смещений центрального волокна относительно центральной оси поковки в рассматриваемом продольном сечении.

При $\psi < \psi_{кр.}$, K_{max} , $K_{ср.}$ и n равны нулю.

При $\psi_{кр.} < \psi < \psi_{кр. II}$; $n = 2$ во всех плоскостях, проходящих через центральную ось, за исключением 2-й базовой плоскости,

в которой $\lambda = 0$.

При $\psi > \psi_{кр.П}$ и развитой форме пространственного изгиба в любой плоскости, проходящей через центральную ось, $\lambda > 2$.

При $\psi_{кр.П} < \psi \leq 7,25$ наибольшее количество смещений проекции центрального волокна относительно центральной оси соответствует I-й базовой плоскости, в которой $\lambda \leq 4$. Во 2-ой базовой плоскости $\lambda = 3$.

В работе рассмотрен вопрос о влиянии повторных переходов на характер дальнейших искажений волокнистого строения заготовки. Было установлено, что это влияние определяется особенностями формоизменения при повторных наборных переходах и имеет произвольный или единообразный характер в зависимости от принятого коэффициента незаполнения λ на I-м переходе высадки и подхода к определению меньшего диаметра конического перехода.

Опыты, в частности, позволили установить следующее:

1) Подход к принятию величины меньшего диаметра последующего перехода на основе незначительного увеличения меньшего диаметра предыдущего перехода является более оправданным по сравнению с рекомендациями по её выбору на основе среднеарифметического диаметра предыдущего перехода.

2) Высадка поволоков с относительно большой длиной высаживаемой части ($\psi > 7$) из-за опасности "схватывания" поволоки конусом и возможности появления радиального заусенца должна проводиться в конических полостях, объём которых больше объёма высаживаемой части прутка. Это затрудняет возможность качественного формоизменения и ставит под сомнение надёжность общих рекомендаций при высадке заготовок с $\psi > 7$.

3) Применение рекомендаций по расчёту конических наборных переходов, распространённых в отечественной практике, может приводить к получению ненакаленных поволоков.

На основе изучения макроструктур алюминиевых поволоков типа стержня с фланцем при $3 \leq \psi \leq 6,75$ и высадке на I-м переходе с предельными параметрами были найдены графические зависимости K_{max} , $K_{ср.} = f(\psi)$, позволяющие судить о характере искажений волокнистого строения поволоков.

На основе проведённых исследований были установлены общие положения, которые должны учитываться при разработке технологических процессов высадки и на основе которых была предложена методика расчёта свободной высадки и конических наборных переходов с контролируемым волокнистым строением.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОДНОПЕРЕХОДНОЙ ВЫСАДКИ УТОЛЩЕНИЙ И ШТАМПОВКИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ

При исследовании формоизменения заготовок, высаживаемых с ограниченным изгибом в конической полости пуансона было найдено, что после потери устойчивости и подпора со стороны конической полости формоизменение заготовки в нижней неподдерживаемой части характеризуется односторонним смещением, затрудняющим равномерное заполнение наборной полости. Разработка способов однопереходной высадки заготовок с длиной высаживаемой части больше критической проводилась в направлении использования особенности конфигурации формовочного перехода, препятствующей одностороннему смещению металла в зоне перехода к хвостовику.

Возможность увеличения предельных параметров по сравнению с существующими рекомендациями по высадке заготовок за один переход рассматривалась в данной работе применительно к двум видам конфигураций поковок и соответствующих им полостей:

1. Осесимметричных утолщений в средней части короткого стержня, образованного двумя усечёнными конусами, большие диаметры которых примыкают к утолщению, а меньшие диаметры соответствуют торцам и примерно равны диаметру заготовки. Вопрос однопереходной высадки таких изделий возник в связи с возможностью получения их в подкладных штампах на молотах свободнойковки из мерной цилиндрической заготовки при $\psi > \psi'_{кр}$. Опыты по высадке алюминиевых заготовок в экспериментальном штампе в две одинаковые конические полости позволили сделать вывод о возможности высадки в подкладных штампах с $\varphi = 3^\circ$ заготовок с $\psi \leq 4$, материал которых при данных температурно-скоростных условиях и степени деформации имеет $\alpha \geq 0,25$.

На Венюковском арматурном заводе в настоящее время освоен процесс высадки коротких стержней с утолщением в средней части на молоте свободнойковки, в том числе из заготовок с $\psi = 3,75$ из стали 45. В результате снизились трудозатраты на механическую обработку, а ежегодная экономия составляет 15 т проката.

2. Поковок типа стержня с шаровой головкой. Этот способ разрабатывался применительно к шарнирным болтам с диаметром головки 22 мм и диаметром стержня 10,8 мм при длине высаживаемой части 43 мм или при $\psi = 3,98$. Опыты, проведённые в экспериментальном штампе на алюминиевых заготовках, позволили разработать конструкцию промышленного штампа, внедрённого в настоящее

время на Вениковском арматурном заводе. В процессе экспериментов был сделан вывод о возможности увеличения диаметра высадочного пуансона до $1,35\alpha$, что дало возможность существенно повысить его стойкость в условиях горячей высадки. Годовая экономическая эффективность от внедрения новой технологии на Вениковском арматурном заводе составила 17 тыс. рублей.

Внутреннее кольцо подшипника качения в значительной мере определяет стойкость сборки подшипника. Волокнистое строение внутреннего кольца железнодорожного подшипника 42726Л, штампуемого на ГKM, не удовлетворяет требованию огибания рабочей поверхности, в результате стойкость подшипника снижается в $1,5 \div 2$ раза. С другой стороны, волокнистое строение кольца определяется волокнистым строением поковки типа стержня с фланцем, являющейся промежуточным переходом при штамповке кольца на ГKM. В работе была найдена геометрия инструмента, обеспечивающая получение благоприятного волокнистого строения кольца 42726Л при штамповке его в разъемных матрицах ГKM.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследован процесс формоизменения при высадке в коническом пуансоне. В общем случае процесс набора металла может заканчиваться на одном из следующих этапов: устойчивой осадки, плоской формы изгиба и пространственного изгиба заготовки. Начальный изгиб заготовки после потери устойчивости имеет плоскую форму и синусоидальный характер, определяющий закономерность последующего спиралевидного изгиба заготовки, развивающегося, если её относительная высаживаемая длина превосходит величину $\psi_{кр.п} = 5,1 \div 6,3$, зависящую, главным образом, от свойств материала при температурно-скоростных условиях высадки.

2. Установлены зависимости для расчёта допускаемой длины высаживаемой части заготовки при горячей высадке плоским пуансоном, учитывающие влияние материала заготовки, несовершенств её геометрической формы и абсолютных размеров.

3. Выявлены функциональные зависимости между размерными параметрами конических высадок, при которых обеспечивается отчётливое заполнение конической полости без зажимов и радиального заусенца.

4. Установлены максимальные отношения параметров высадки, при которых возможно отчётливое заполнение полости без образования зажимов, радиального заусенца и опасности "схватывания" заготовки коническим пуансоном.

5. Определена область ограничения параметров горячей высадки стали в конических пуансонах, правомерность принятия которой подтверждена экспериментами по горячей высадке стали.

6. Показано, что величина предельного прогиба заготовки после потери устойчивости из условия отсутствия деформаций растяжения на её выпуклой части соответствует предельным параметрам конической высадки, полученным в экспериментах по заполняемости конической полости.

7. Проведено сопоставление существующих рекомендаций и методов расчёта конических наборных переходов на основе удовлетворения ими требований качественного формоизменения.

8. Выявлен характер искажений волокнистого строения конических переходов и поковок типа стержня с фланцем в интервале установленных предельных отношений параметров горячей высадки стали.

9. Сформулированы требования, предъявляемые к волокнистому строению поковок типа стержня с фланцем и предложены следующие количественные показатели для оценки степени искажённости волокнистого строения: коэффициент максимального относительного смещения $K_{\max}$, коэффициент среднего относительного смещения $K_{\text{ср.}}$, показатель плавности линий волокнистого строения λ , угол выхода волокон к рабочему контуру детали α .

10. Установлены зависимости показателей искажённости волокнистого строения поковок типа стержня с фланцем из нагартованного алюминия АД-1 от исходной высаживаемой длины заготовки, которые можно использовать для приближённой оценки характера искажений волокнистого строения поковок типа стержня с фланцем, получаемых горячей высадкой.

11. Предложена новая методика расчёта конических наборных переходов с контролируемым волокнистым строением, позволяющая интенсифицировать процесс набора металла по сравнению с известными рекомендациями по расчёту наборных переходов, удовлетворяющими требованиям качественного формоизменения.

12. Показана возможность расширения существующих рекомендаций по однопереходной высадке заготовок с $\psi > \psi_{\text{кр.}}$ на основе учёта особенностей наборной полости, исходных размеров и материала заготовки.

13. Разработан и внедрён в промышленность способ однопереходной высадки коротких стержней с утолщением в средней части в

подкладных штампах на молотах свободной ковки, в том числе из заготовок с длиной высаживаемой части меньшей или равной четырём диаметрам исходной заготовки.

14. Разработан и внедрён в промышленность способ однопереходной посадки шарнирных болтов с высаживаемой длиной меньшей или равной четырём диаметрам исходной заготовки на фрикционном прессе, обеспечивающий по сравнению с существующими способами повышение стойкости инструмента.

15. Выявлена принципиальная возможность получения внутренних колец железнодорожных подшипников с благоприятным волокнистым строением при штамповке их в разъёмных матрицах на ГKM.

Диссертация содержит 128 страниц текста, 100 рисунков, 32 таблицы. В списке литературы приведено 91 источник.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Зиновьев И.С., Семёнов Е.И., Носанов В.А., Рожков С.И. и Буздин В.М. Устройство для посадки утолщений на стержневых заготовках. Авторское свидетельство № 311698. Бюллетень изобретений №25, 1971г.

2. Семёнов Е.И., Рожков С.И., Буздин В.М., Зиновьев И.С. Посадка головок на стержнях за один переход. КШП №2, 1972г.

3. Sinowjew und andere. Das Stauchen von Bolzenköpfen in einem Arbeitsgang.

PdSU/Industrie-1972. DDR

