

Выводы

1. Установлено, что при нагреве заготовки до 950°C и дальнейшем переносе в инструмент, температура ее торца падает до 751°C в угловых зонах, до 756°C в середине торцевой поверхности, и 783°C в центре заготовки. Перепад температуры по поверхности заготовки вдоль диаметра при переносе ее в инструмент находится в пределах 26°C.
2. Для сохранения оптимального температурного режима штамповки необходимо минимизировать время переноса заготовки в инструмент, используя для этих целей напольный или навесной манипулятор.

Список использованных источников:

1. Мовшович И.Я. Опыт штамповки тонкостенных сферических днищ на гидравлических прессах / В.Я. Мовшович, В.И. Бер // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – № 3. – С. 27-29.
2. Зубцов М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1980. – 432 с.
3. Ткачев А.Г. Технология аппаратостроения / А.Г. Ткачев. – М. : Машиностроение, 2001. – 111 с.
4. Демин В.А. Горячая листовая штамповка днищ / В.А. Демин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2002. – № 8. – С. 16-18.

Bibliography:

1. Movshovich I.Y. Experience in stamping of thin-walled spherical dished ends on hydraulic presses / I.Y. Movshovich, V.I. Behr // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov davleniem. – 2008. – № 3. – P. 27-29. (Rus.)
2. Zubtsov M.E. Sheet stamping / M.E. Zubtsov. – 3rd edition, revised and enlarged. – L. : Mashinostroenie, 1980. – 432 p. (Rus.)
3. Tkachev A.G. Apparatus technology / A.G. Tkachev. – M. : Mashinostroenie, 2001. – 111 p. (Rus.)
4. Demin V.A. Hot sheet stamping bottoms / V.A. Demin // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov davleniem. – 2002. – № 8. – P. 16-18. (Rus.)

Рецензент: С.С. Самотугин
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 26.11.2013

УДК 621.778.1:539.374.2:62-426.2

© Анищенко А.С.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЬНЫХ И ТИТАНОВЫХ ЗАГОТОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ ПРОКЛАДОК

Изучено влияние теплоизолирующих прокладок из муллитокремнеземового войлока МКРВ-200 на температурно-силовые и деформационные параметры осадки и штамповки в подкладных кольцах стальных и титановых заготовок.

Ключевые слова: осадка, теплоизоляция, температура, деформация, усилие.

Анищенко О.С. Дослідження гарячої деформації сталевих та титанових заготовок з використанням теплоізолюючих прокладок. Вивчений вплив теплоізолюючих прокладок з муллітокрменеземової повсті МКРВ-200 на температурно-силові та деформаційні параметри осаджування та штампування в підкладних кільцях сталевих і титанових заготовок.

Ключові слова: осаджування, теплоізоляція, температура, деформація, зусилля.

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

O.S. Anish'enko. Research of hot deformation of steel and titanium billets with thermal and insulation spacers. Studied was the effect of thermal and insulating spacers (mullite and silica felt) MKPB-200 on the temperature and power and deformation parameters of precipitation and stamping in lining rings of steel and titanium billets.

Keywords: precipitate, insulation, temperature, deformation, effort.

Постановка проблеми. Горячая осадка и штамповка заготовок являются одними из наиболее распространенных и изученных процессов обработки металлов давлением. Тем не менее, их применение в особенности для обработки труднодеформируемых сталей и сплавов, по-прежнему, связано с рядом трудностей, обусловленных низкой пластичностью деформируемого материала, узким температурным диапазоном и не равномерностью деформации [1].

Эффективным методом, обеспечивающим снижение деформирующих усилий и повышение пластичности обрабатываемого металла, является термостатирование заготовки в процессе деформации [2]. Как правило, изотермические условия формоизменения обеспечиваются тремя путями: контролируемой деформацией заготовки, помещением последней в изотермические штамповые блоки с автономной системой нагрева, а также теплоизолированием поверхности заготовки в процессе переноса ее из печи под пресс и при дальнейшей деформации.

Анализ последних исследований и публикаций. Поддержание постоянства температуры заготовки контролируемым режимом ее деформации осуществляют при прессовании или экструдировании за счет регулировки скорости истечения металла [1]. Для процессов осадки и штамповки такой способ поддержания изотермических условий деформаций непригоден.

Наиболее распространенным способом создания изотермических условий деформации является формоизменение заготовки в специальных штамповых блоках, нагретых до той же температуры [3, 4]. Блоки имеют индивидуальные системы нагрева (индуктор, газовая камера, электроспираль), мощную теплоизоляцию (корундомуллит, пеношамот, базальт, стекловолокно, бакор и т.п.), которые обеспечивают постоянство температуры заготовки. Однако наличие, помимо штампов, громоздких систем нагрева и теплоизоляции обуславливает необходимость большой открытой высоты прессов, на которые устанавливают блоки. Кроме того, штамповые блоки для высокотемпературной штамповки крупногабаритных заготовок имеют весьма большие габариты, в связи с чем их изготовление зачастую экономически невыгодно.

Существует несколько способов сохранения тепла заготовки за счет ее теплоизоляции. В промышленности для этих целей применяются стеклянные покрытия, которые наряду с теплоизоляционными свойствами выполняют функцию смазок [2]. Однако стеклоэмали не в состоянии в течение всего времени поддерживать изотермические условия деформации.

При ковке никелевых сплавов на прессах используется стекловолокно, укладываемое на оба торца заготовки [2]. Имея температуру размягчения свыше 1200°C, стекловолокно надежно защищает рабочие поверхности бойков от воздействия высоких температур заготовки, в определенной мере задерживает отвод тепла от ее торцов, в ряде случаев, когда температура нагрева деформируемого металла выше температуры размягчения стекловолокна, выполняет роль смазки. Но в последнее время использование стекловолокна, равно как и асбестовых прокладок, для защиты поверхности заготовки от подстуживания существенно ограничено по экологическим причинам.

На наш взгляд, наиболее перспективными покрытиями заготовок для квазиизотермического деформирования при высоких температурах являются прокладки из муллитокремнеземового войлока.

Цель статьи - определить пригодность использования муллитокремнеземовых материалов для термостатирования очага деформации при осадке и объемной штамповке заготовок из сталей и титановых сплавов.

Изложение основного материала. Эксперименты проводили на заготовках из горячекатанной стали Ст.3 диаметром $D_0 = 100$ мм и относительной высотой $H = 0,2, 0,4, 0,6$ ($H = \frac{H_0}{D_0}$,

где H_0 - высота заготовки, мм) и титановых сплавов 5В (заготовки $\varnothing 125 \times 80$ мм), ПТ-3В (заготовки $\varnothing 110 \times 40$ и $\varnothing 115 \times 30$ мм) и сплава 40 (заготовки $\varnothing 110 \times 40$ мм). В качестве теплоизолирующих прокладок использовали муллитокремнеземовый войлок со следующими характери-

стиками:

кажущаяся плотность, кг/м ³	- 200;
температура плавления, °С	- 1150;
теплоемкость, кДж/кг·град.	- 1,12;
коэффициент теплопроводности при 1000°С, Вт/м·град.	- 1,4;
коэффициент температуропроводности, м ² /с	- 0,6·10 ⁻⁶ .

В первой серии опытов определяли скорость охлаждения заготовок в штампе с использованием теплоизолирующих прокладок и без них. Для этой цели стальные заготовки нагревали до температур 500 и 950°С в электропечи, после чего устанавливали (через слои прокладок размерами 20x120x120 мм и без прокладок) на подштамповую плиту гидропресса модели ДБ2434 усилием 2,5 МН и прижимали верхним бойком. Усилие прижима соответствовало массе траверсы пресса.

Термометрирование осуществляли двумя термопарами типа ХА, подключенными к потенциометру ЭПП-09М. Одну из термопар вкладывали в высверленную на боковой поверхности заготовок глухую полость размерами Ø10x10 мм, а другую вставляли в зазор между бойком (или подштамповой плитой) и теплоизолирующей прокладкой.

Во второй серии опытов изучали квазиизотермическую деформацию заготовок. Перед деформированием заготовки из стали Ст.3 нагревали в электропечи до температур 950-1250°С, укладывали на прокладку, расположенную на нижнем бойке, накрывали такими же прокладками и деформировали со скоростью 5 мм/с на прессе ДБ2334 до достижения максимума усилия (2,5 МН).

Горячую объемную штамповку в квазиизотермических условиях изучали на примере контурной осадки заготовок в подкладные штампы, выполненные в виде колец из закаленной стали 40ХН высотой 60 мм, внешним диаметром 150 мм и внутренним диаметром 60 и 30 мм.

Заготовки из титанового сплава 5В, нагретые до температуры 1050°С, и из сплавов ПТ-3В и 40, нагретые до 950°С (оптимальные температуры штамповки), ввиду больших габаритов деформировали с прокладками и без них свободной осадкой со скоростью 0,8 мм/с на гидропрессе модели ПА2638 усилием 6,3 МН. Осадку проводили под плоскими бойками диаметром 280 мм из никелевого сплава ХН73МБТЮ.

Степень деформации поковок определяли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{H_0 - h}{H_0} \cdot 100\%,$$

где ε - степень деформации поковок по высоте, %;
 h - высота осажженной заготовки, мм.

Неравномерность деформации титановых сплавов по высоте оценивали по коэффициенту бочкообразования θ , который рассчитывали по формуле:

$$\theta = \frac{(D_6 - D) \cdot h \cdot L}{3V},$$

где D_6 - диаметр бочки, мм;
 D - диаметр торцов осажженной поковки, мм;
 L - средняя длина окружности бочки, мм;
 V - объем заготовки, мм.

Давление свободной осадки рассчитывали по формуле:

$$p = P \cdot 10^6 \cdot \left[\psi \left(1 + 0,17 \frac{D}{H} \right) \cdot F \right]^{-1},$$

где P - усилие свободной осадки, МН;
 p - давление свободной осадки деформируемого металла, МПа;
 F - площадь поковки в плане, мм²;
 ψ - масштабный коэффициент, $\psi = 0,75$.

Давление контурной осадки p_k рассчитывали по формуле:

$$p_k = \sigma_T \cdot \left[1 + \mu \left(0,5 \frac{\sqrt{F}}{h} + \frac{f}{F} \right) \right],$$

где μ - коэффициент трения, для стали Ст.3 $\mu = 0,25$;
 f - площадь боковой поверхности отрезка, мм²;
 σ_T - предел текучести деформируемого металла, МПа.

Структуру титановых поковок изучали на образцах, вырезанных из различных участков поковки в ее диаметральной сечении. Исследовали плоскости образцов, параллельные этому сечению и плоскости торцов поковки. Границы зерен выявляли путем полирования в электролите, содержащем 235 мл хлорной кислоты и 765 мл уксусного ангидрида при напряжении 30 В и плотности тока 0,35 А/см², и последующего травления в 2-хпроцентном растворе плавиковой кислоты. Средний размер зерна определяли по ГОСТ 5639-82. Для изучения структуры образцов использовали микроскоп МИМ-8.

Эксперименты по изучению влияния теплоизолирующих прокладок на скорость охлаждения заготовок в штампе показали, что интенсивность охлаждения заготовок зависит от наличия прокладок на их торцах. В то же время она зависит от исходной температуры нагрева, времени охлаждения τ и относительной высоты заготовок H (рис. 1).

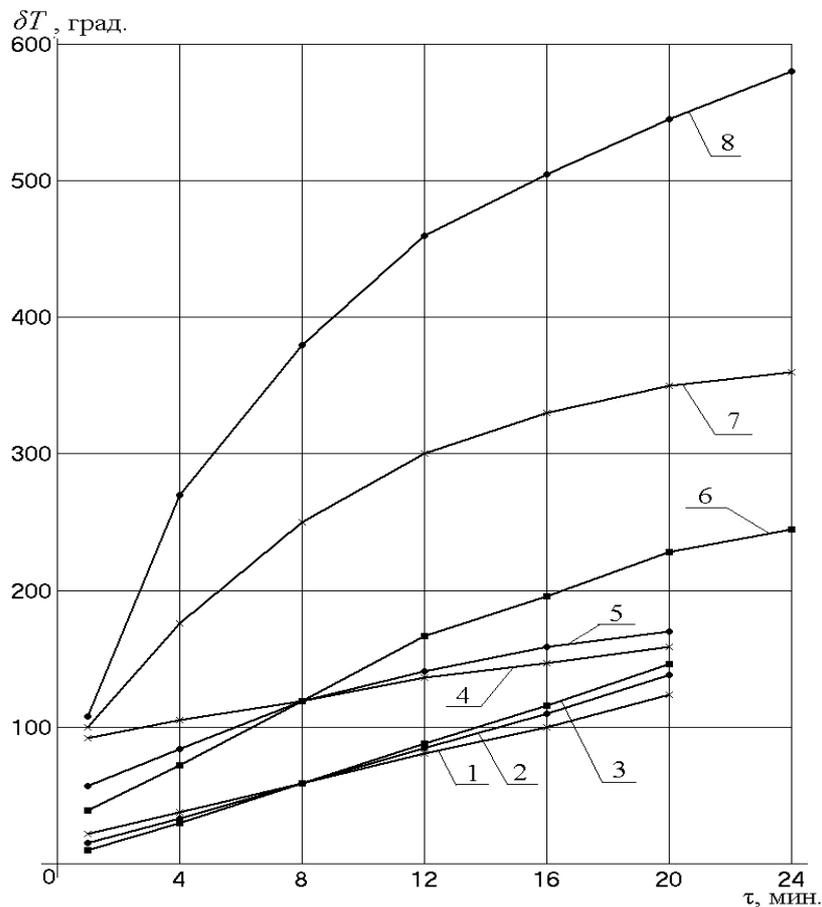


Рис. 1 – Падение температуры заготовок различной высоты во времени при различных начальных температурах нагрева: 1 – $H = 0,2$, $T = 500^{\circ}\text{C}$; 2 – $H = 0,4$, $T = 500^{\circ}\text{C}$; 3 – $H = 0,6$, $T = 500^{\circ}\text{C}$; 4 – $H = 0,2$, $T = 950^{\circ}\text{C}$; 5 – $H = 0,4$, $T = 950^{\circ}\text{C}$; 6 – $H = 0,6$, $T = 950^{\circ}\text{C}$; 7 – $H = 0,2$, $T = 950^{\circ}\text{C}$; 8 – $H = 0,4$, $T = 950^{\circ}\text{C}$; 1-6 - охлаждение с прокладками; 7, 8 – охлаждение без прокладок

Наибольшее падение температуры спустя одну минуту после начала эксперимента фиксируется при охлаждении малых заготовок с $H = 0,2$ и связано не с наличием или отсутствием прокладок, а с большей потерей тепла при переносе заготовок из печи в штамп. В дальнейшем с ростом τ скорость охлаждения заготовок с прокладками $\frac{\delta T}{\tau}$ независимо от температуры на-

грева максимальна для заготовок с $H = 0,6$ и обуславливается большей площадью их боковой поверхности, не защищенной прокладками. Но лишь спустя 8 минут с начала охлаждения указанный фактор становится преобладающим и полностью компенсирует влияние потерь тепла при переносе заготовок из печи в штамп.

Зависимости $\delta T = f(\tau)$ как для $T = 500^\circ\text{C}$, так и с некоторой погрешностью для $T = 950^\circ\text{C}$ почти прямолинейны, т.е. охлаждение заготовок происходит с постоянной скоростью $\frac{\delta T}{\tau}$. Вместе с этим падение температуры во времени при охлаждении заготовок без прокладок

на графиках 7, 8 имеет вид экспоненты. В интервале $\tau = 1-4$ минуты для заготовок с $H = 0,4$, нагретых до 950°C , применение войлока МКРВ-200 обеспечивает снижение скорости охлаждения в 2,2-3,2 раза. С увеличением τ эффект теплоизоляции еще более существенен: соотношение скоростей охлаждения возрастает до 3,3-3,4.

Температура верхнего бойка, контактирующего с заготовкой, нагретой до 500°C , практически не зависит от формы заготовки и, увеличившись до $180-205^\circ\text{C}$ в течение одной минуты, в дальнейшем на протяжении 20 минут выдержки заготовки в штампе уменьшается до $170-180^\circ\text{C}$. Сколь либо значительный нагрев подштамповой плиты не зафиксирован.

Увеличение температуры нагрева заготовок до 950°C вызывает разогрев контактирующего с ними верхнего бойка до $200-220^\circ\text{C}$, а подштамповой плиты - до $40-50^\circ\text{C}$.

Таким образом, в результате первой серии опытов установлено, что муллитокремнеземовый войлок МКРВ-200 позволяет снизить скорость охлаждения заготовок в штампе до 5-10 и 10-13 градусов в минуту с температур нагрева 500 и 950°C , т.е. создает условия для формоизменения заготовок, близкие к изотермическим (квазиизотермические),

Известно [2, 3], что изотермические условия формоизменения обеспечивают снижение деформирующих усилий и способствуют более точному оформлению контура поковок. В связи с этим, во второй серии опытов на примере свободной и контурной осадки заготовок из стали Ст.3 было проверено, в какой степени реализуются указанные преимущества в случае использования войлока МКРВ-200. На рис. 2 показано влияние температуры формоизменения на деформационные характеристики процессов свободной и контурной осадки заготовок различной высоты. Графики показывают, что применение прокладок при всех температурах осадки увеличивает предельные степени деформаций заготовок в сравнении с деформированием без прокладок. Однако если при свободной осадке заготовок с $H = 0,2$ наличие прокладок обеспечивает прирост значений ε при 1050°C почти в 2 раза, а при 1200°C - в полтора раза, то контурная осадка заготовок с прокладками увеличивает значение ε только на 4-6% во всем интервале исследованных температур в сравнении с тем же процессом без применения войлока.

Прокладки после деформации превращаются в мелкодисперсную смесь муллита и кремнезема, спрессованного до толщины 0,8-1,0 мм на торцевой поверхности поковки, ограниченной величиной диаметра исходной заготовки. Периферийные зоны поковок, контактирующие с бойком, практически свободны от войлока. Его остатки на поковках, осажённых при температурах ниже 1050°C , удаляются легко. Для удаления войлока с поверхности поковок, деформированных при $T = 1050-1150^\circ\text{C}$, необходима сухая и мокрая очистка в галтовочном барабане, поскольку при этих температурах войлок в процессе деформации частично оплавляется и прочно сцепляется с поверхностью заготовок.

После цикла единичной осадки заготовок с прокладками разогрев верхнего бойка составил $60-80^\circ\text{C}$.

При контурной осадке облегчение условий затекания металла в полость подкладного штампа достигается как с увеличением температур деформации, так и сохранением этих температур с помощью прокладок (рис. 3), причем использование прокладок эквивалентно увеличению температуры нагрева заготовок на $25-150^\circ\text{C}$ в интервале температур деформации $850-1250^\circ\text{C}$. Четырехкратное превышение длины отростка h_n над высотой осажённой части поковки h при 1250°C свидетельствует о достаточно хороших смазочных свойствах расплавленного войлока и высоких технологических возможностях исследуемого процесса квазиизотермической деформации.

Двукратное уменьшение диаметра полости d подкладного штампа снижает интенсив-

ность затекания в нее деформируемого металла при 1050°C, который в этом случае в большей степени способствует увеличению диаметра D поковки. Тем не менее, для всех экспериментов по контурной осадке соблюдается соотношение $h_n + h \geq H_0$, являющееся основной характеристикой этого процесса.

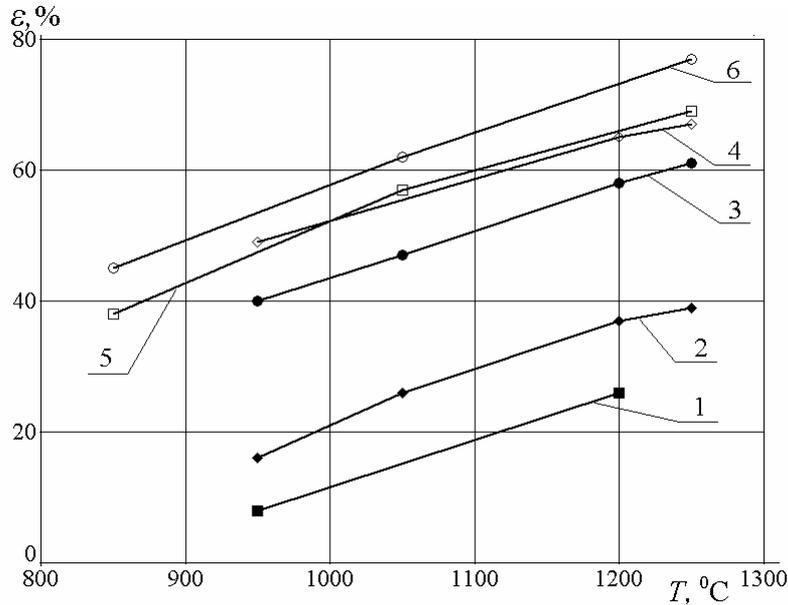


Рис. 2 – Влияние температуры формоизменения на величину предельной деформации усилием 2,5 МН при свободной и контурной осадке заготовок различной высоты: 1 – свободная осадка без прокладок, $H = 0,2$; 2 – то же с прокладками; 3 – свободная осадка без прокладок, $H = 0,6$; 4 – то же с прокладками; 5 – контурная осадка без прокладок, $H = 0,4$; 6 – то же с прокладками

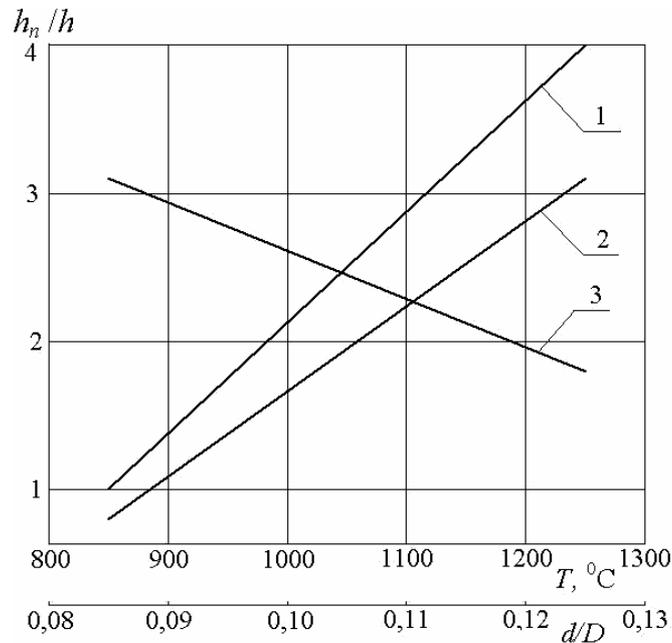


Рис. 3 – Влияние температуры деформации и относительного диаметра полости подкладного штампа на относительную глубину ее заполнения деформируемой заготовкой: 1 – $h_n / h = f(T)$, осадка с прокладками; 2 – то же без прокладок; 3 – $h_n / h = f(d / D)$, осадка с прокладками при 1050°C

Увеличение на 10-20% высоты отростков в поковках при контурной осадке с прокладками свидетельствуют о том, что термостатирование заготовок будет способствовать лучшему заполнению рабочей гравюры штампов и при горячей объемной штамповке. На рис. 4 представлены силовые параметры свободной и контурной осадки заготовок из стали Ст.3. Из графиков следует, что наличие прокладок уменьшает давление осадки в исследуемом интервале температур для свободной осадки заготовок с $H = 0,2$ и $0,6$ соответственно на 34-47 и 23-36 МПа, а для контурной осадки - на 8-22 МПа. Учитывая, что абсолютные значения давлений осадки металла не превышают 280 МПа, а температура разогрева бойков не поднимается выше 200°C за одну операцию осадки, можно в случае использования муллитокремнеземового войлока для горячей деформации при температуре выше 900°C использовать в качестве штампового материала стали типа 5ХНМ, а в мелкосерийном производстве - стали типа 40ХН.

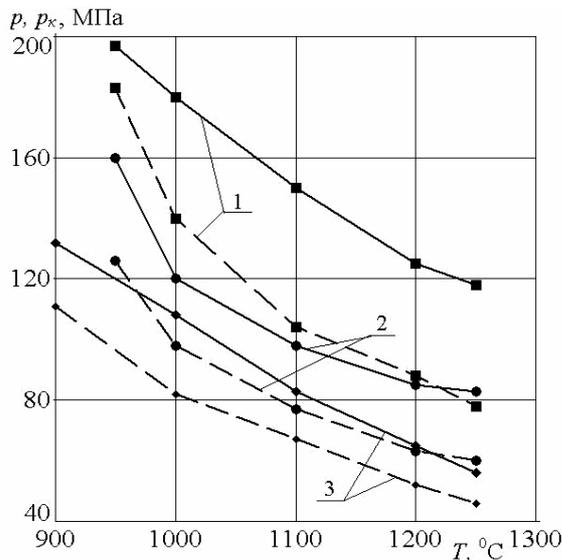


Рис. 4 – Влияние температуры нагрева на давление осадки заготовок различной высоты: 1 – свободная осадка, $H = 0,2$; 2 – то же, $H = 0,6$; 3 – контурная осадка, $H = 0,4$; сплошные линии – осадка без прокладок; штрихпунктирные – осадка с прокладками

длящегося на верхних торцах заготовок, обеспечить тепловую защиту боковых поверхностей, а также увеличить остаточную толщину прокладок на поковках до 2,0 мм. В таких условиях свободная осадка заготовок из сплава 5В при степени деформации 50% характеризовалась давлением осадки 170 МПа, а общее усилие пресса было равно 4,9 МН.

На заготовках, осаживаемых без прокладок, при степенях деформации 20-25% появлялись кольцевые трещины, а при максимальном усилии пресса (6,3 МН) частично разрушенную заготовку удалось осадить на 35% (давление осадки - 444 МПа). При этой же степени деформации усилие свободной осадки заготовок с прокладками было равно 2,8 МН.

Увеличение размеров прокладок существенно снизило неравномерность деформации свободной осадкой заготовок. Так, при $\varepsilon = 35\%$ у титановой поковки, осаженой без прокладок, диаметр торцов увеличился лишь на 4%, коэффициент бочкообразования составил $\theta = 0,31$, Термостатирование поковок войлоком обеспечило снижение θ ($\theta = 0,07$ при $\varepsilon = 35\%$ и $\theta = 0,10$ при $\varepsilon = 50\%$) и увеличение диаметра торцов на 36%. Столь незначительное бочкообразование при осадке титановых поковок с прокладками связано с устранением подстуживания торцов заготовок холодными бойками (температура поверхности поковок после деформации была равна 880°C , бойков - 170°C), а также с проявлением у войлока смазочных свойств, Кроме того,

Для экспериментов по свободной осадке заготовок из титановых сплавов 40 и ПТ-3В при температуре 950°C толщину прокладок увеличили до 40 мм. На рис. 5 представлены зависимости $P = f(\varepsilon)$ для этих сплавов. Из графиков следует, что при $\varepsilon = const$ использование прокладок обеспечивает снижение усилия деформирования на 0,9-1,8 МН для сплава ПТ-3В и 1,0-2,0 МН для сплава 40. При максимально допустимом усилии пресса предельная степень деформации для поковок сплава ПТ-3В была увеличена с 10 до 15% ($H = 0,26$) и с 22 до 29% ($H = 0,36$), а для сплава 40 - с 15 до 23%.

Однако в поковках из сплава ПТ-3В после осадки образовались трещины на боковой поверхности вдоль направления деформирования. Металл терял сплошность для заготовок с $H = 0,36$ при осадке на $\varepsilon = 15\%$ (без прокладок) и на $\varepsilon = 20\%$ (с прокладками). Поковки с $H = 0,26$ имели очень мелкие трещины, начало их образования установить не удалось. Поковки из сплава 40 трещин не имели.

Увеличение размеров прокладок позволило за счет провисания войлока, находящегося на верхних торцах заготовок,

низкий коэффициент бочкообразования у поковок, осаженных на прессе ПА2638, связан в определенной мере с низкими скоростями деформации ($10^{-2} \div 2 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$), соответствующими верхнему пределу скоростного диапазона сверхпластичности титановых сплавов [3].

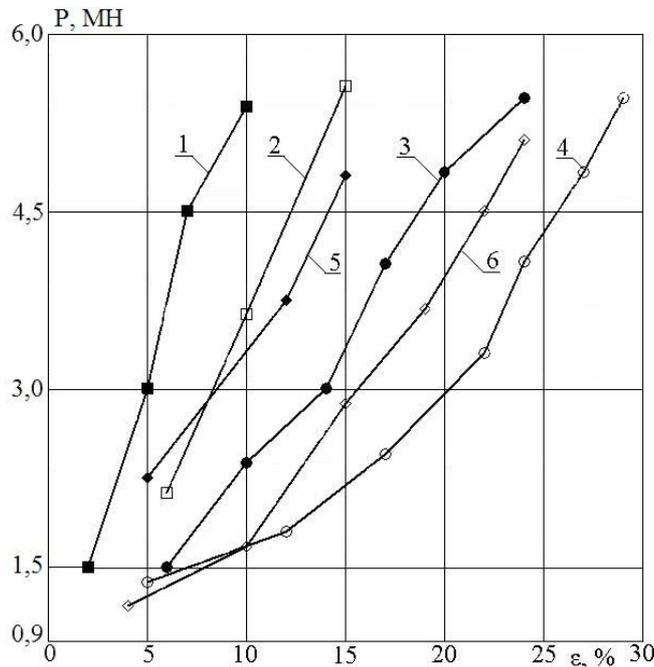


Рис. 5 – Зависимость усилия осадки от степени деформации титановых сплавов: 1 – сплав ПТ-3В, $H = 0,26$, осадка без прокладок; 2 – то же осадка с прокладками; 3 – сплав ПТ-3В, $H = 0,36$, осадка без прокладок; 4 – то же, осадка с прокладками; 5 – сплав 40, $H = 0,36$, осадка без прокладок; 6 – то же осадка с прокладками

Приближение условий деформирования к изотермическим благоприятно сказалось на проработке структуры титановых сплавов. При двухкратном укове микроструктура образцов характеризуется разориентированным пластинчатым строением. В объемах поковки, образующих бочку, зерна равноосны и имеют диаметр 0,10-0,21 мм. Такой же размер зерна зафиксирован в центральной части поковки в её диаметральном сечении, тогда как в плоскости, параллельной торцам поковки, зерно было более неоднородным по размерам, а его диаметр составлял 0,10-0,33 мм.

В поковках, осаженных без прокладок, микроструктура более неоднородна. На шлифах, параллельных диаметальному сечению поковки, наблюдали полосчатость и некоторое измельчение зерна (60-120 мкм), связанное с более интенсивной деформацией центральных зон из-за подстуживания металла на торцовых участках поковок холодными бойками. На шлифах, параллельных торцам поковки, зерно было более крупное (120-180 мкм), поскольку эти участки почти не подвергались пластической деформации.

Таким образом, термостатирование титанового сплава 5В позволило при меньших степенях деформации (меньшем укове) в большей степени проработать структуру исходных заготовок в сравнении с традиционной многопереходной горячей ковкой.

Выводы

1. Термостатирование стальных заготовок муллитокремнезёмовым войлоком позволяет в 2,2-3,4 раза уменьшить их скорость охлаждения в штампе.
2. Деформирование стальных заготовок с теплоизолирующими прокладками увеличивает предельные степени деформации металла при сопоставимом усилии в 1,5-2 раза, снижает разогрев бойков до 60-80°C, уменьшает давления осадки на 40-100 МПа в 1,3-2 раза, увеличивает на 10-20% максимальную высоту отростков, получаемых при контурной осадке в подкладные штампы с полостью.

3. Использование войлока МКРВ-200 позволяет в 1,3-1,5 раза увеличить предельные степени деформации свободной осадкой заготовок из титановых сплавов 40 и ПТ-ЗВ.
4. Свободная осадка титанового сплава 5В при наличии войлочных прокладок обеспечивает не менее, чем на 25% увеличение предельной степени деформации, снижение давления осадки на 40-50%, коэффициента бочкообразования в 2-2,5 раза, температуры разогрева бойков до 170°C, скорости охлаждения поковок до 170 град./мин.

Список использованных источников:

1. Технология конструкционных материалов: 4-е изд.: исправ. / М.А. Дальский [и др.]. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. Машиностроение: энциклопедия: в 40 т. – М.: Машиностроение, 1996. Раздел III: Технология производства машин; Т. III-2: Технология заготовительных производств. – 1996. – 736 с.
3. Штамповые блоки для изотермического и сверхпластического деформирования металлов / А.С. Анищенко [и др.] // Технология судостроения. – 1989. – № 2. – С. 14-17.
4. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / В.А. Голенков [и др.]. – М.: Машиностроение, 2004. – 464 с.

Bibliography:

1. Technology of construction materials: 4th ed.: Corrected. / M.A. Dalsky [et al.]. – M: Mashinostroyeniye, 2004. – 512 p. (Rus.)
2. Mechanical Engineering: Encyclopedia: 40 t. – M.: Mashinostroyeniye, 1996. Section III: Technology of production machines; V.III-2: Technology procurement industries. – 1996. – 736 p. (Rus.)
3. Punching blocks for isothermal and superplastic deformation of metals / A.S. Anischenko [et al.] // Shipbuilding Technology. – 1989. – № 2. – P. 14-17. (Rus.)
4. Special processes and equipment forming / V.A. Golenkov [et al.]. – M: Mashinostroyeniye, 2004. – 464 p. (Rus.)

Рецензент: С.С. Самоутугин
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 15.10.2013

УДК 621.735.3;621.73.01

© Каргин С.Б.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОВКИ ОСЕВЫХ ДЕФЕКТОВ В СЛИТКЕ
ПРИ КОВКЕ ВАЛОВ**

Изучено влияние технологии ковки на заковку осевых дефектов в слитке. Показано достоинство ковки валов с предварительным обжатием слитка профилированными бойками.

Ключевые слова: ковка, слиток, поковка, обжатие, дефект.

Каргін Б.С. Дослідження заковки осьових дефектів у зливку при куванні валів.
Вивчено вплив технології кування на заковку осьових дефектів у зливку. Показані переваги кування валів з попереднім обтисненням зливку профільованими бойками.

Ключові слова: ковка, зливка, поковка, обтиснення, дефект.

B.S. Kargin. Investigation of axial defects in forged ingot forging shafts. *The influence of technology on forging close axial defects in the ingot was investigated. Advantage of forged shafts with pre-rolling ingot shaped strikers was shown.*

Keywords: forging, the ingot, forging, compression, defect.

* канд. техн. наук, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь