

Канд. техн. наук В. Л. Чухлеб¹, Е. С. Клемешов¹, О. А. Ярошенко²,
Т. А. Халезова², д-р техн. наук Х. Дыя³

¹НМетАУ, г. Днепр, ²ООО «Днепропресс Сталь», г. Днепр,
³Политехника Ченстохова, г. Ченстохова, Польша

ИССЛЕДОВАНИЕ КОВКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ В УСЛОВИЯХ ООО «ДНЕПРОПРЕСС СТАЛЬ»

Рассмотрены технологические возможности ООО «Днепропресс Сталь» по ковке различных титановых сплавов и проведено исследование напряженно-деформированного состояния титановых сплавов по предложенной схеме деформации путем математического моделирования.

Ключевые слова: деформация, ковка, напряжения, сплав, исследование.

Постановка проблемы

Изготовление поковок из титановых сплавов свободной ковкой является одним из ответственных и дорогостоящих процессов обработки металлов давлением. Сами по себе титановые сплавы занимают значительную нишу при производстве наиболее ответственных деталей из них. При этом поковки из титановых сплавов также являются одними из дорогостоящих, что связано со стоимостью как исходной заготовки, так и сложностью самого переделаковки. В связи с этим все работы связанные с исследованием формоизменения заготовок из титановых сплавов, которые обеспечат производство титановых поковок с наименьшими технологическими затратами, являются актуальными.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследованиековки титановых сплавов всегда имело повышенный интерес ввиду особых свойств этих сплавов и их применения в промышленности. Целый ряд исследователей занимались изучением как свойствами титановых сплавов и их изменением в различных условиях, так и процессами получения их различными видами обработки металлов давлением. При всем разнообразии процессов обработки металлов давлением процессуковки слитков из титановых сплавов на гидравлических ковочных прессах уделено не так много внимания. Во многом это связано с тем, что процессковки титановых сплавов является довольно ресурсозатратным, и при возможности исследователи пытались заменить его другим материалом. Также изделия из титановых сплавов во многом используются в оборонной промышленности, и исследования получения их ковкой носят закрытый характер. Однако некоторые вопросыковки титановых сплавов довольно подробно освещены в коллективном труде [1], где особое внимание уделено термомеханическим режимамковки и самому процессуковки, а также применению титановых

сплавов. При этом в целом постановка задачи при проектировании процессаковки остается неизменной и во многом базируется на стандартных подходах, которые и изложены, в частности, в [2]. Дополнительно должны быть учтены некоторые особенностиковки титановых сплавов в зависимости от используемого оборудования и в работе [3] рассмотрены вопросыковки титановых сплавов на молотах в условиях ПАО «Днепроспецсталь». Однако ковка на гидравлических ковочных прессах имеет свои особенности. Теоретические особенности формоизменения металлов и сплавов при их ковке в виде слитков отражены в монографии [4].

Постановка задачи

Формирование готового изделия и его качества во многом определяется оптимальностью выбранной технологииковки, которая зависит от технологических возможностей и производственного опыта конкретного предприятия-изготовителя титановых поковок. Одним из ведущих предприятий по производству поковок из различных титановых сплавов является ООО «Днепропресс Сталь».

ООО «Днепропресс Сталь» – крупнейшее предприятие Украины. На предприятии разработана и функционирует система управления качеством, сертифицированная на соответствие требованиям международных стандартов ISO. Следует отметить, что стандарты ISO построены на принципах TQM (тотального или всеобщего управления качеством) [5], которые, в том числе, предписывают привлечение всех сотрудников для общей работы по улучшению качества (в нашем случае это технолог, кузнец, термист).

В кузнечно-термическом цехе ООО «Днепропресс Сталь» выполняются заказы как для внутренних потребностей предприятия, так и, в основном, заказы на экспорт. В настоящее время кузнечно-термический цех – современное подразделение с высоким уровнем тех-

нологии и механизации производства поковок. Главной его задачей является обеспечение потребителей качественной продукцией. Кузнечно-термический цех характеризуется единичным и мелкосерийным типом производства. В цехе основным технологическим процессом является свободная ковка на прессах и молотах. На всех этапах технологического процесса осуществляется контроль нормируемых параметров. Политика ООО «Днепропресс Сталь» и, в частности, кузнечно-термического цеха в области качества определяется наиболее полным удовлетворением требований потребителей и направлена на обеспечение высокопроизводительной, слаженной работы подразделений цеха. В цехе определена, обеспечена и поддерживается необходимая для управления качеством инфраструктура.

Основная деятельность цеха нацелена на создание и внедрение новых технологий. Каждая идея рассматривается с точки зрения влияния на улучшение качества, увеличение производства и снижение материальных затрат. Областью для усовершенствования в вопросах технологии и качества производимой продукции является достижение показателей технологии и качества, соответствующих современным высоким требованиям. Для исследования процессаковки титановых сплавов были рассмотрены технологические карты изготовления поковок в условиях цеха, где приведено описание технологического процесса, используемого оборудования, массы поковки и готового изделия, марка титанового сплава. Для анализа выбирались карты таких деталей, которые имеют цикличность производства, то есть периодически повторяются в заказах на изготовление.

Главной целью данной работы является определение влияния параметров процесса кузнечной вытяжки (протяжки) на напряженно-деформированное состояние поковки с целью улучшения механических свойств.

Для моделирования процесса свободнойковки в Forge 2008® были заданы параметры реального процессаковки поковок из титановых сплавов ВТ1 и ВТ6.

Исходной заготовкой являлся титановый слиток диаметром 400 мм и длиной 600 мм. Конечным изделием является поковка диаметром 200 мм и длиной 2200 мм.

Также, согласно технологическому процессу, выбран оптимальный температурный интервал для данных сплавов титана. Температурный интервалковки составляет 1150–850 °С для обоих сплавов титана. Согласно технологииковки титана необходим подогрев инструмента для уменьшения тепловых затратковки. В данном случае, бойки подогреты до 300 °С. При моделировании используются комбинированные бойки – верхний плоский, а нижний вырезной. Развал выреза нижнего бойка составляет 450 мм, глубина выреза – 160 мм, а ширина рабочей части составляет 440 мм.

Выбор оптимальной схемы кантовок опирается на исследования в [6], где описано исследование влияния различных схем кантовок на напряженно-деформиро-

ванное состояние. Некоторые схемы кантовок оказались не рациональны ввиду большой неравномерности деформаций и как следствие сильного искривления поковки. Поэтому наиболее оптимальной схемой была выбрана схема обжатий «по кольцу», состоящая из 16 обжатий за одну подачу. Углы кантовок при ковке равны 120 ° после первого обжатия и после второго, после третьего обжатия угол кантовки заменяется кантовкой на угол в 60 °. После четвертого и пятого обжатия угол кантовки также составляет 60 °, а после шестого обжатия заменяется углом в 15 °, который остается неизменным при последующих десяти обжатиях. Величина подачи составляет половину ширины бойка и равна 220 мм. Также, исходя из данных источника [6], степень деформации составляла 10 %.

Для анализа результатов моделирования были рассмотрены три равноудаленных поперечных сечения поковки: на середине длины поковки и на обоих концах [6].

Распределение напряжений и деформаций в поперечных сечениях представлено на рис. 1–2.

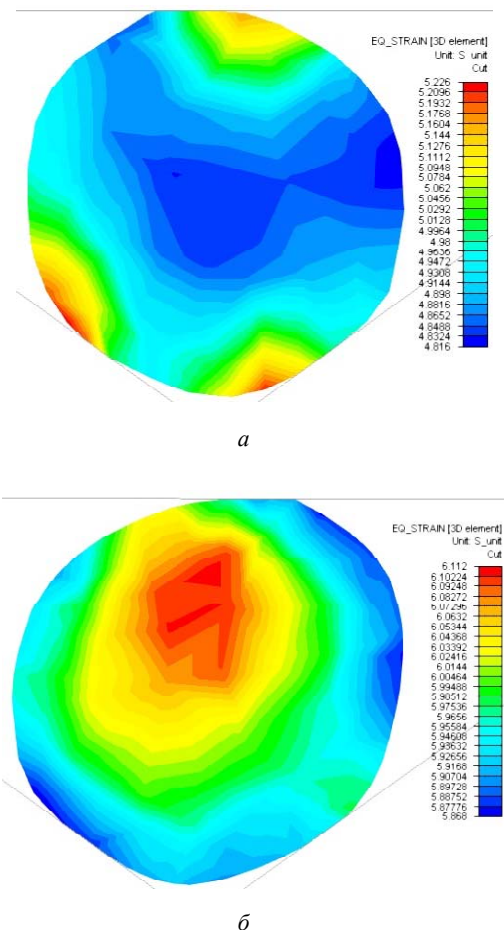


Рис. 1. Распределения деформаций при протяжке заготовки из разных титановых сплавов: а – распределение деформаций по длине при ковке титанового сплава ВТ1; б – распределение деформаций по длине при ковке титанового сплава ВТ6

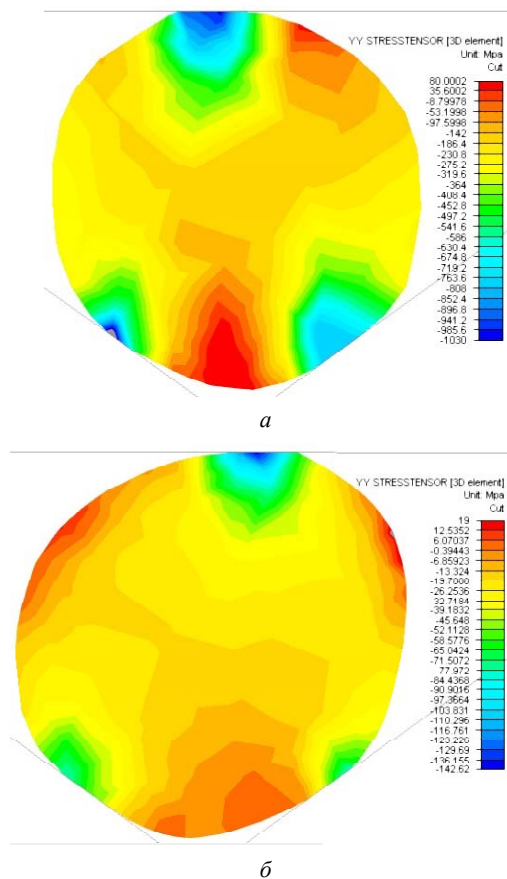


Рис. 2. Распределения напряжений при протяжке заготовки из разных титановых сплавов: *a* – распределение напряжений по длине при ковке титанового сплава VT1; *б* – распределение напряжений по длине при ковке титанового сплава VT6

Равномерность распределения деформаций в металле определяется как можно меньшей разницей показателей деформации между собой в сечении.

Чтобы количественно оценить неравномерность распределения деформаций в поперечных сечениях, был рассчитан показатель неравномерности деформации

Кн. Показатель неравномерности деформации может принимать значения не больше единицы, так как является отношением показателей эквивалентной деформации в контрольных точках сечения к максимальному значению эквивалентной деформации в сечении. После того как было найдено максимальное значение в сечении, относительно этой точки были построены 4 диагонали, которые расположены под углом 45° друг к другу. Далее на каждую диагональ было нанесено 6 контрольных точек симметрично к точке с максимальным значением и симметрично к центру сечения.

Более детальный анализ неравномерности распределения деформаций проведен с помощью построения графиков (рис. 3). На графиках изображены показатели неравномерности деформации в контрольных точках на диагоналях сечения.

Как видим, при ковке различных титановых сплавов возникает различная схема распределения деформаций в сечениях поковки (рис. 4). В первую очередь это зависит от структуры металла, так как титановый сплав VT1 имеет только α -фазный состав, а титановый сплав VT6 имеет $\alpha + \beta$ -фазный состав.

Однако величины коэффициента неравномерности деформаций, представленных на рис. 4, говорят о том, что эта разница в характере распределения не так существенна, так как минимальные величины коэффициента отличаются всего на несколько сотых.

Также, говоря о характере распределения деформаций, можно судить о том, какие слои поковки получают более интенсивную деформацию и, соответственно, где происходит более сильная проработка структуры. Исходя из данных математического моделирования и расчетов коэффициента неравномерности деформаций, можно сказать о том, что у сплава VT1 происходит наиболее интенсивная деформация внешних слоев металла, в то время как у титанового сплава VT6 происходит наиболее интенсивная деформация внутренних слоев.

Помимо этого, также была проанализирована неравномерность распределения деформаций в продоль-

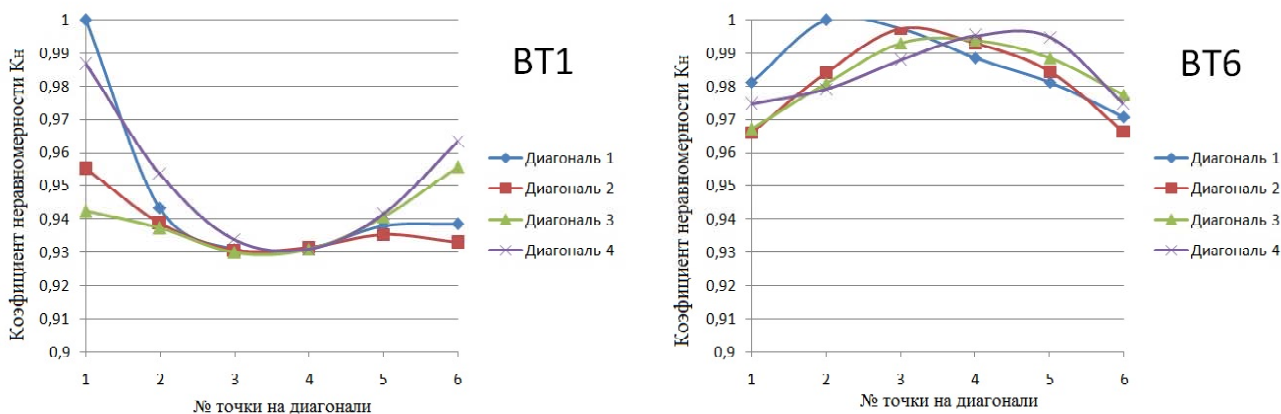


Рис. 4. Распределение коэффициента неравномерности деформации в поперечном сечении заготовки при ковке разных титановых сплавов

ном сеченні. Для цього було взято 17 точок, розположених на однаковому відстані друг від друга. Значення показателя нерівномірності в точках приведені на рисунку 5.

Ковка при меншій сумарній ступені деформації створює меншу нерівномірність розподілення деформацій по довжині заготовки, як видно з рисунка 5.

Висновки проведеного дослідження

На даному етапі розвитку кузнечно-штамповочного виробництва ковка титанових сплавів є одним з основних пріоритетних напрямків. Одним з ведучих підприємств, які спеціалізують-

ються на ковці титанових сплавів, є ООО «Дніпропрес Сталь». Авторами роботи запропоновані оптимальні схеми технологічних переходів ковки валків з титанових сплавів з точки зору мінімальної нерівномірності деформації. Ковку титанових заготовок необхідно здійснювати при меншій обжатій для отримання меншій нерівномірності розподілення деформацій в металі, і як наслідок – меншій нерівномірності розподілення механічних властивостей в об'ємі металу. Результати цих досліджень застосовуються на виробництві для розробки програм з метою автоматизації ковочних комплексів.

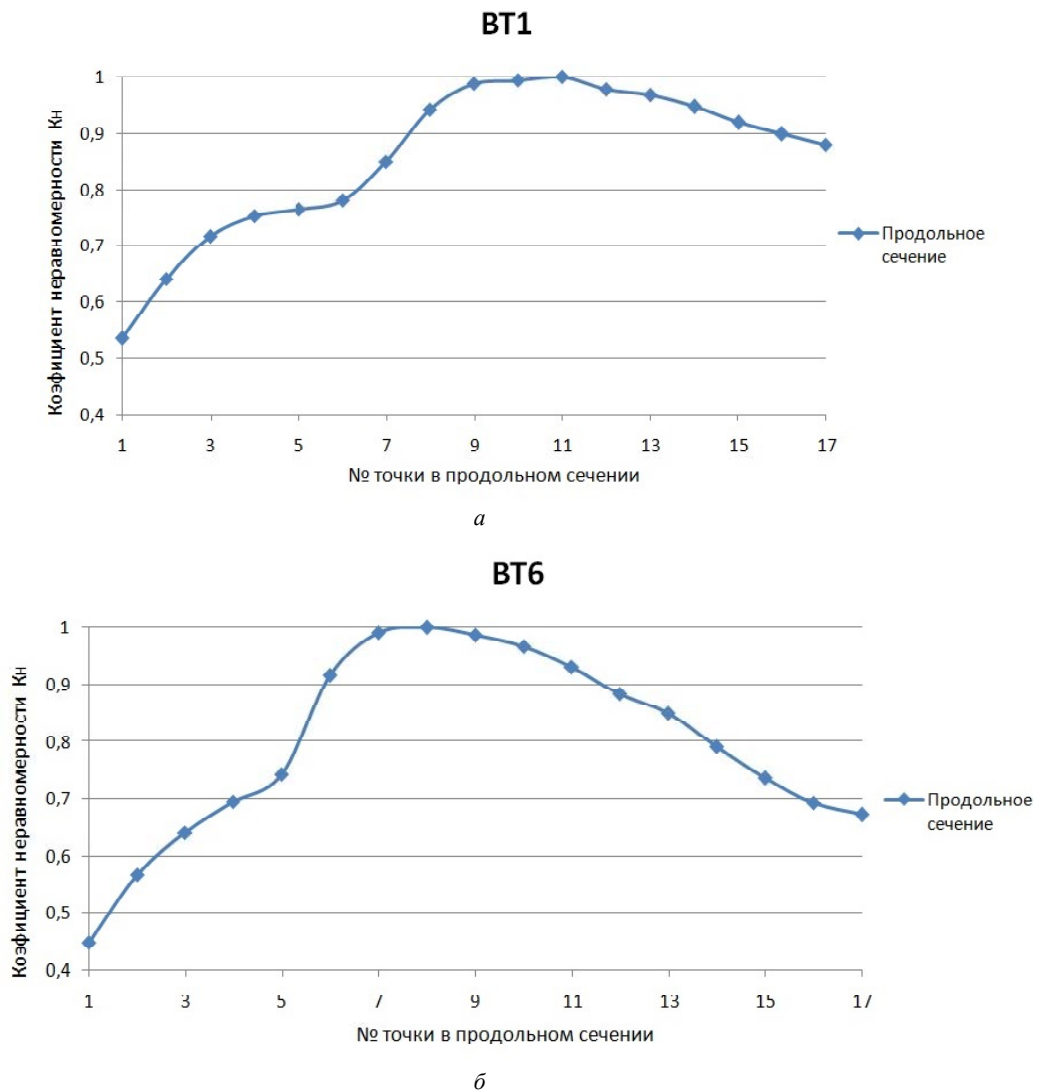


Рис. 5. Розподілення нерівномірності деформації в продольному сеченні заготовки при ковці титанового сплаву VT1 (а) і при ковці титанового сплаву VT6 (б)

Список літератури

1. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов / [Л. А. Никольский, С. З. Фиглин, В. В. Бойцов и др.] – М. : Машиностроение, 1975. – 285 с.
2. Технологія кування / [Л. М. Соколов, І. С. Алієв, О. С. Марков, Л. І. Алієва]. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 268 с.

3. Юдович С. З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей / Юдович С. З. – М. : Машиностроение, 1968. – 215 с.
4. Тюрин В. А. Теория и процессыковки слитков на пресах / Тюрин В. А. – М. : Машиностроение, 1979. – 240 с.
5. Должанський А. М. Системи управління якістю / А. М. Должанський, Н. М. Очеретна, І. М. Ломов. – Дніпропетровськ : «Свідлер», 2008. – 390с.
6. Дослідження напружено-деформованого стану при протязці титанового сплаву з метою оптимізації параметрів кування / [В. Л. Чухліб, Є. С. Клемешов, В. О. Гринкевич, Х. Дия // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – №24 (1133). – С. 159–166.

Одержано 09.12.2016

Чухліб В.Л., Клемешов Є.С., Ярошенко О.А., Халезова Т.А. Дослідження кування титанових сплавів на гідравлічних пресах в умовах ТОВ «Дніпропрес Сталь»

Розглянуто технологічні можливості ТОВ «Дніпропрес Сталь» щодо кування різноманітних титанових сплавів та проведено дослідження напружено-деформованого стану титанових сплавів за запропонованою схемою деформації через математичне моделювання.

Ключові слова: деформація, кування, напруження, сплав, дослідження.

Chuhleb V., Klemeshov E., Yaroshenko O., Halezova T. Study of forging titanium alloys on a hydraulic press in a LTD «Днепропрес Сталь»

Technological possibilities of LTD «Днепропрес Сталь» on forging of different titanium alloys are studied and tense-deformed state of titanium alloys is investigated on the proposed scheme of deformation using mathematical modelling are considered.

Key words: deformation, forging, stress, alloy, study.
