

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/09TVN616.pdf>

Статья опубликована 07.12.2016

Ссылка для цитирования этой статьи:

Каргин В.Р., Афанасьев А.Е., Каргин Б.В. Влияние противодавления при прямом прессовании труб с раздачей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/09TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.77.01

Каргин Владимир Родионович

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Россия, Самара¹

Профессор кафедры «Обработки металлов давлением»

Доктор технических наук

E-mail: vrkargin@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=583344

Афанасьев Александр Евгеньевич

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Россия, Самара

Аспирант кафедры «Обработки металлов давлением»

E-mail: alexander.afanasiev@alcoa.com

Каргин Борис Владимирович

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Россия, Самара

Профессор кафедры «Обработки металлов давлением»

Кандидат технических наук

E-mail: kargin163@gmail.com

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=338154

Влияние противодавления при прямом прессовании труб с раздачей

Аннотация. С помощью компьютерной программы DEFORM проведено численное моделирование осесимметричной задачи прямого прессования трубы. Осевое противодавление приложено к трубе после ее выхода из канала матрицы путем раздачи. При горячем прессовании труб из высокопрочного алюминиевого сплава Д16 с раздачей в сравнении с горячим прессованием без противодавления отмечено увеличение гидростатического давления, продольных, окружных и радиальных нормальных напряжений на 18МПа, уменьшение касательных напряжений и как следствие интенсивности напряжений. Заметно расширяются границы изменения продольных, окружных, радиальных и угловых деформаций. Эти изменения связаны с повышением пластичности деформируемого материала, вызванного ростом гидростатического давления. На большей части объема заготовки продольные, окружные и радиальные деформации малы и начинают активно увеличиваться в обжимной зоне, достигая экстремальных значений в области калибрующего пояса, где меняют знак на противоположный. Противодавление при выходе трубы из канала

¹ 443086, г. Самара, Московское ш., 34

матрицы изменяет характер распределения окружных, радиальных и продольных напряжений по толщине стенки трубы. Величина продольных растягивающих напряжений в поверхностных слоях на 50% меньше, чем при прессовании без противодействия.

Ключевые слова: прессование; прямой метод; бурильная труба; сплав Д16; противодействие; раздача; напряженно-деформированное состояние; гидростатическое давление; программа DEFORM; моделирование

Трубы из высокопрочных алюминиевых сплавов, имеющих наружные утолщения на концах и плавный переход от них к основному телу трубы, находят широкое применение в бурильной технике [1]. Требуемая конфигурация геометрии бурильных труб получается при горячем прессовании за счет конструкции профилированной иглы, меняющей свое положение относительно калибрующего пояса канала матрицы [2, 3].

В процессе прессования труб с наружными утолщениями раздача создает противодействие (продольное подпирание усилие) у выхода прессуемой трубы из обжимающей части пластической зоны. Такое противодействие по литературным данным [4-6] может также создаваться увеличением длины калибрующего пояса, либо при помощи специального устройства, давящего на торец выходящего из канала матрицы изделия.

Цель работы: провести изучение влияния противодействия на напряженно-деформированное состояние при прямом, горячем прессовании труб с раздачей с помощью моделирования в программе DEFORM [7, 8].

Числовой расчет рассмотрен на примере прямого прессования трубы с размерами $\varnothing 122 \times 80$ мм на выходе из канала матрицы из высокопрочного алюминиевого сплава Д16 в коническую матрицу с углом 75° из контейнера с диаметром внутренней втулки 360 мм на неподвижной игле с диаметром тела иглы 80 мм и диаметром бурта иглы 102 мм. Конус бурта для раздачи выполнен под углом 30° к оси прессования с радиусным переходом к цилиндрическому участку 50 мм, рис. 1.

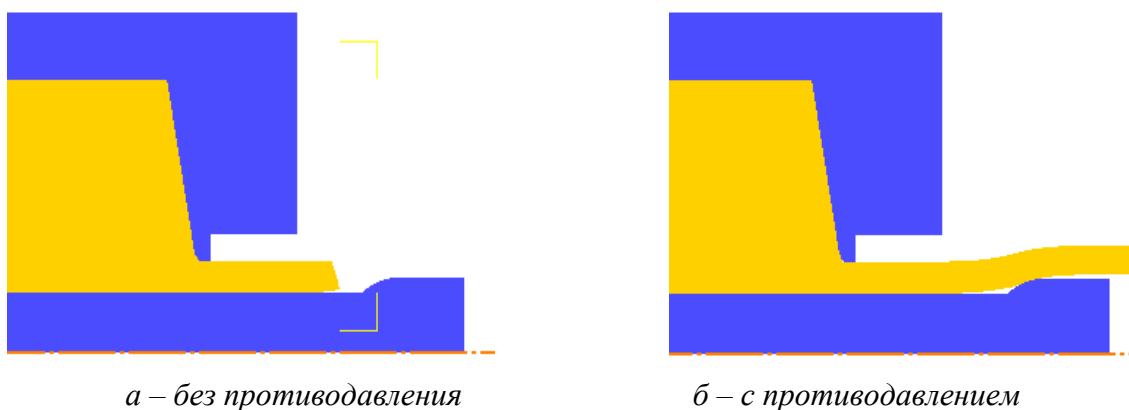


Рисунок 1. Компьютерная модель прямого прессования трубы (рисунок авторов)

Температура нагрева контейнера, пресс - шайбы, матрицы и иглы 400°C , слитка с размерами $\varnothing 355 \times 90 \times 750$ мм 440°C . Прессование проводили со смазкой иглы. Скорость прессования 16 мм/сек. Число конечных элементов в контейнере 1000, слитке 300, матрице 500, пресс-шайбе 300, игле 1000. Коэффициент трения по закону Зибеля на контактных поверхностях «контейнер-слиток», «матрица-слиток», «пресс-матрица-слиток» взят равным 0,7, а на контактной поверхности «игла-слиток» -0,3. Коэффициент теплопередачи 11 кВт/($\text{м}^2 \times \text{град}$). Материал инструмента ANSI-H-13. Моделирование проведено в лицензионном программном пакете DEFORM-20/3D [7].

Анализ результатов. На рис. 2 представлено распределение среднего нормального напряжения (гидростатического давления) $\sigma_{cp} = (\sigma_R + \sigma_\theta + \sigma_Z)/3$ в обжимной зоне, локализованной в области матрицы на установившейся стадии прессования трубы, где σ_R -радиальное, σ_θ -окружное и σ_Z -продольное напряжения.

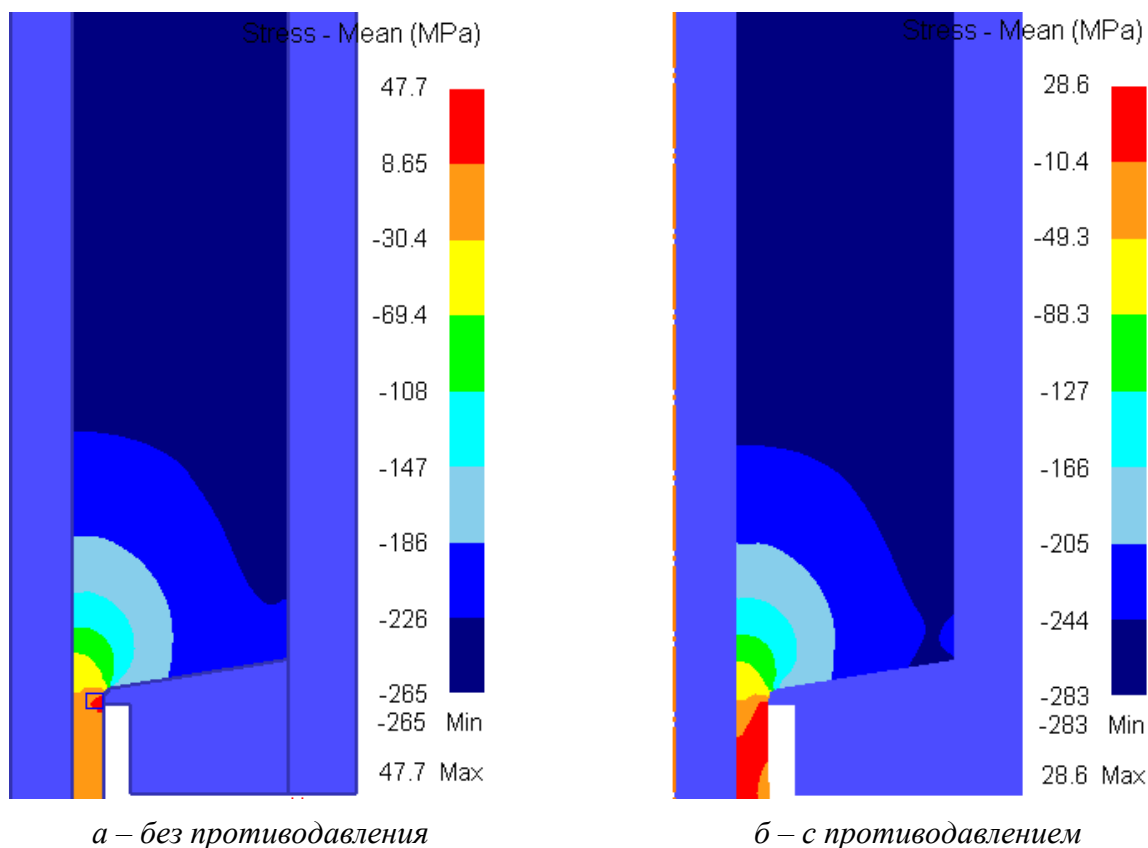


Рисунок 2. Цветовые графики распределения среднего нормального напряжения σ_{cp} в пластической зоне при прессовании трубы (рисунок авторов)

Из рис. 2 видно, что характер распределения гидростатического давления в обжимной зоне качественно не меняется, кроме зоны за пределами калибрующего пояска матрицы. Вместе с тем величина σ_{cp} при прессовании трубы с противодействием увеличилась на 18 МПа по сравнению с прессованием трубы без противодействия. Как показали результаты компьютерного моделирования аналогичная картина имела место и при анализе распределения в обжимной зоне максимальных по абсолютной величине продольных σ_Z , окружных σ_θ и радиальных σ_R напряжений, значения которых стали на 18 МПа больше при прессовании с противодействием.

На рис. 3 приведено распределение касательных напряжений τ_{RZ} в меридиональном сечении слитка при прессовании трубы без противодействия и с противодействием.

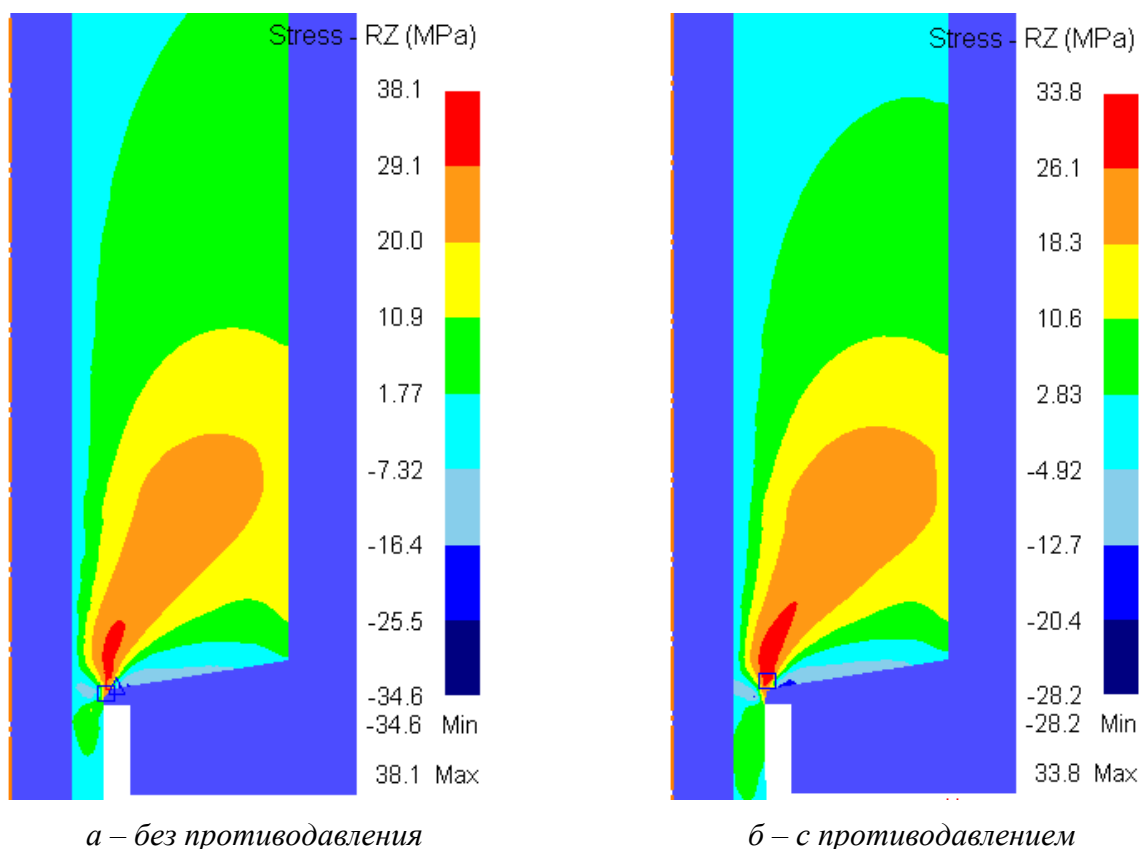


Рисунок 3. Цветовые графики распределения касательных напряжений τ_{RZ} (рисунок авторов)

Из рис. 3 видно, что касательные напряжения достигают максимальных значений в продольном сечении, проходящем через край калибрующего пояска матрицы и плавно уменьшаются в направлении к контейнеру, зеркалу матрицы и игле, где меняют знак на противоположный. Из сравнения графиков видно, что при прессовании с противодействием величина касательных напряжений изменилась по положительным значениям с 38,1 МПа до 33,8 МПа и отрицательным значениям с -34,6 МПа до -28,2 МПа. Площадь, занимаемая максимальными положительными τ_{RZ} , увеличилась более чем в 2 раза. Уменьшение касательных напряжений можно связать с повышением пластичности деформируемого металла, вызванного ростом гидростатического давления при прессовании с противодействием, что подтверждается многочисленными экспериментами на практике при растяжении образцов под действием гидростатического давления сжатия [9].

Уменьшение величины касательных напряжений при прессовании трубы с противодействием приводит, как и предполагалось, к падению величины интенсивности напряжений σ_i в сравнении с прессованием без противодействия с 66,4 МПа до 63,7 МПа.

При прессовании трубы с раздачей заметно расширяются области изменения компонент накопленных деформаций $\varepsilon_R, \varepsilon_\theta, \varepsilon_Z$, таблица 1.

Таблица 1

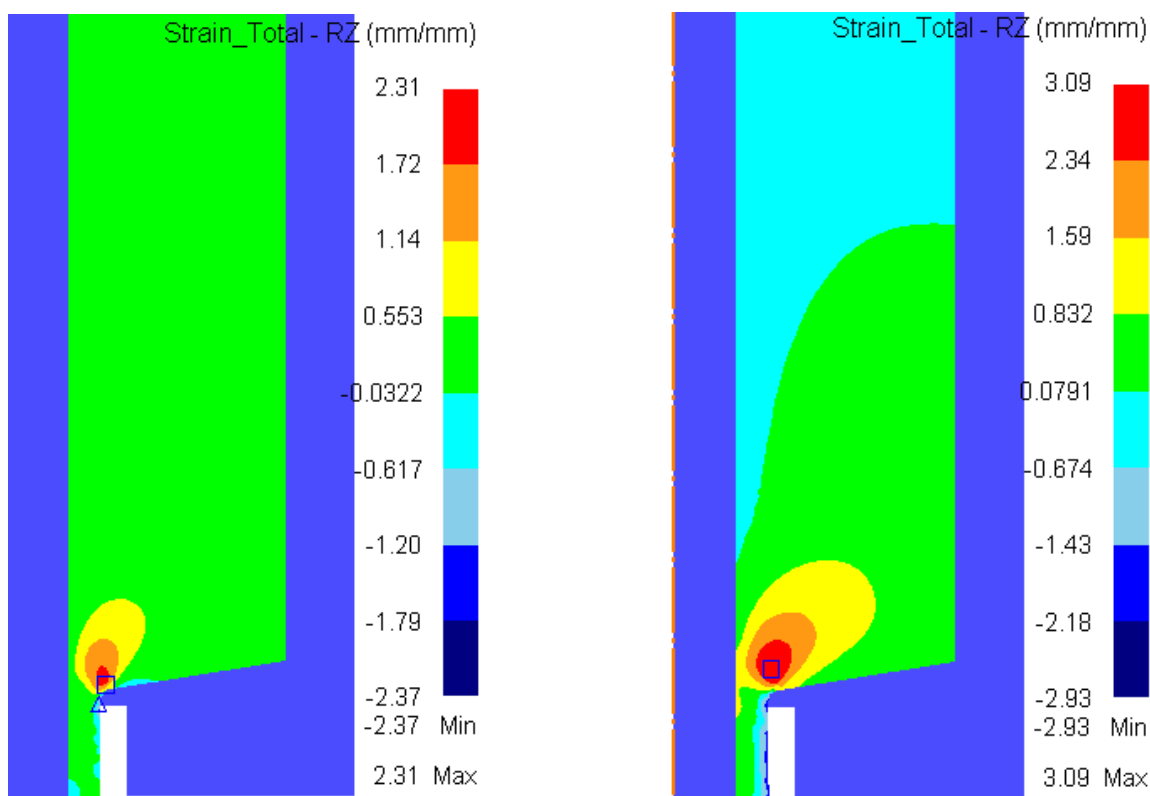
Области изменения компонент накопленных деформаций

Деформация	Прессование без противодействия	Прессование с противодействием
ε_R	(-1,51, 0,78)	(-1,94, 1,03)
ε_θ	(-0,39, 0,02)	(-0,71, 0,23)
ε_Z	(-0,57, 1,88)	(-0,71, 2,62)

Радиальная деформация ε_R достигает максимальных значений на конусе матрицы, плавно уменьшаясь к контейнеру и продольному сечению, проходящему через край калибрующего пояска и при приближении к игле, меняет знак на противоположный. Окружные деформации удлинения ε_θ при прессовании без противодействия занимают объем заготовки в два больший, чем при прессовании с противодействием.

Продольные деформации ε_z на большей части объема заготовки малы и начинают активно увеличиваться только в обжимной зоне, достигая экстремальных значений в области калибрующего пояска. Справа от края канала ε_z меняет знак на противоположный, что связано с замедлением течения металла и формированием упругой зоны в области сопряжения контейнера с матрицей. Противодействие повышает объем металла на конусе матрицы, в котором продольные деформации – это деформации укорочения.

Характер распределения накопленных сдвигов деформации (рис. 4) при прессовании трубы с противодействием заметно отличается от характера распределения γ_{RZ} при прессовании без противодействия. При прессовании с противодействием γ_{RZ} увеличивается по максимальным значениям по сравнению с прессованием без противодействия с 2,31 до 3,09 и по минимальным значениям с -2,37 до -2,93, что и повлияло на разницу в картине распределения γ_{RZ} . Более неоднородное распределение сдвиговых деформаций имеет место при прессовании трубы с противодействием.



а – без противодействия

б – с противодействием

Рисунок 4. Цветовые графики распределенных полных сдвигов деформации γ_{RZ} (рисунок авторов)

Интенсивность накопленных деформаций ε_i является интегральной характеристикой деформированного состояния, учитывающая как линейные, так и угловые деформации, показывает, что противодействие при прессовании трубы приводит к увеличению всех основных показателей деформации, в том числе и ε_i с 2,12 до 2,72.

На рис. 5 продольные нормальные σ_z распределены по толщине стенки трубы в зоне выхода её из калибрующего пояса неравномерно. В поверхностных слоях трубы, напряжения σ_z растягивающие и достигают наибольших значений на наружной поверхности, что может быть причиной образования поверхностных трещин на изделии [2]. Во внутренних слоях стенки продольные напряжения сжимающие и принимают максимальные значения на внутренней поверхности трубы. Противодействие, создаваемое раздачей при выходе трубы из кольцевого канала, образованного матрицей и иглой, приводит к заметному снижению уровня продольных растягивающих напряжений во внутренних слоях стенки трубы, что позволяет проводить прессование с большими скоростями истечения металла, чем при прессовании без противодействия.

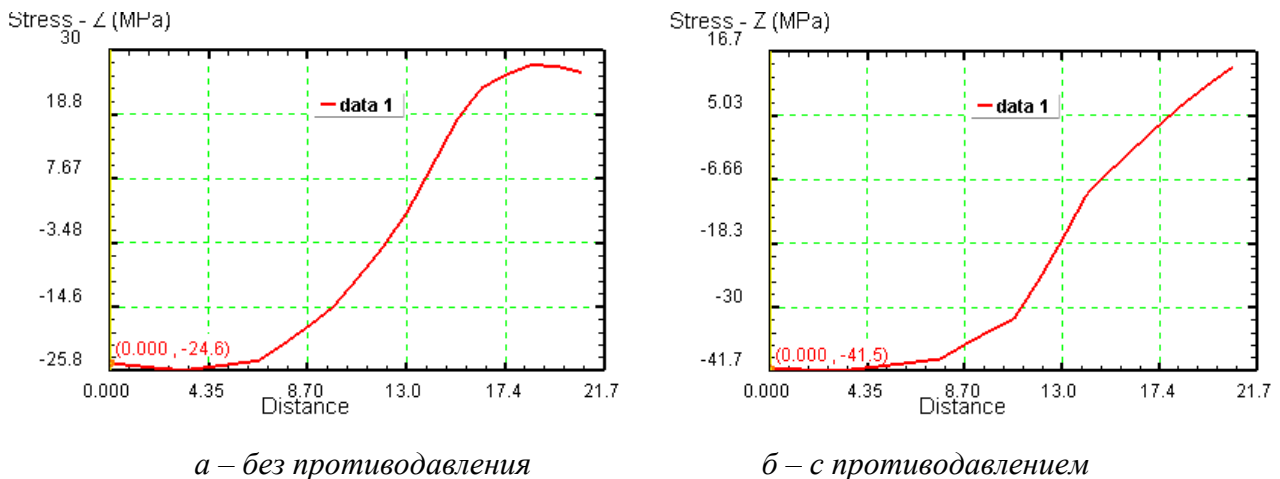


Рисунок 5. Распределение продольных нормальных напряжений σ_z (рисунок авторов)

Противодавление, при выходе трубы из кольцевого канала изменяет характер распределения окружных и радиальных нормальных напряжений, если при обычном прессовании трубы в наружных слоях обнаружены растягивающие σ_θ , то при прессовании с противодействием по всей толщине стенки σ_θ сжимающие, резко увеличиваясь по абсолютной величине от наружной поверхности к внутренней. Радиальные сжимающие напряжения изменяются по толщине стенки неравномерно, достигая по абсолютной величине минимальных значений во внутренних слоях, расположенных ближе к наружной поверхности трубы и максимальных значений на внутренней и наружной поверхностях.

Выводы

Противодавление, создаваемое при прессовании труб с раздачей, заметно влияет на напряженно-деформированное состояние в обжимной зоне в сравнении с прессованием без противодействия.

При прессовании труб с противодействием отмечено увеличение гидростатического давления, всех основных нормальных напряжений, уменьшение величин касательных напряжений и как следствие интенсивности напряжений, увеличение всех деформаций и как следствие интенсивностей деформации.

Противодавление в зоне калибрующего пояса при выходе трубы из канала матрицы приводит к существенному снижению уровня растягивающих продольных напряжений, что позволяет проводить прессование трубы с большими скоростями истечения металла, чем прессование без противодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файн Г.М., Макаров Е.М. Состояние и перспективы производства и применения труб нефтепромыслового производства и применения труб нефтепромыслового сортамента из алюминиевых сплавов / Территория Нефтегаз. 2007, №5. С. 66-71.
2. Ерманок М.З., Коган А.С., Головинов М.Ф. Прессование труб из алюминиевых сплавов. М.: Metallurgy, 1976. С. 248.
3. Каргин В.Р., Афанасьев А.Е., Каргин Б.В. Моделирование процесса прессования бурильных труб с наружными утолщениями / Известия Самарского научного центра РАН, 2016, том 18, №1 (2). С. 215-218.
4. Перлин И.Л. Теория прессования металлов / М.: Metallurgy, 1964. С. 344.
5. Евдокимов А.К., Антохина К.А. Комбинированное выдавливание с противодавлением / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением, 2012, №12, С. 6-12.
6. Евдокимов А.К., Назаров А.В. Учет противодействия при обратном выдавливании с активным трением / Заготовленные производства в машиностроении, 2007, №11, С. 28-33.
7. DEFORM-2D/3D Version 6.0 User's Manual. [M] Columbia. Ohio: Scientific Forming Technologies Corporation.2006.
8. Каргин В.Р., Быков А.П., Каргин Б.В., Ерисов Я.А. Моделирование процессов обработки в программе DEFORM - 2D. Самара: Изд-во МИР, 2011, С. 170.
9. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением М.: Metallurgy, 1967. С. 340.

Kargin Vladimir Rodionovich

Samara national research university, Russia, Samara
E-mail: vrkargin@mail.ru

Afanasyev Aleksandr Evgenyevich

Samara national research university, Russia, Samara
E-mail: alexander.afanasiev@alcoa.com

Kargin Boris Vladimirovich

Samara national research university, Russia, Samara
E-mail: kargin163@gmail.com

Influence of counter-pressure at direct pressing of pipes with distribution

Abstract. By means of the computer DEFORM program numerical modeling of an axisymmetric task of direct pressing of a pipe is carried out. Axial counter-pressure is attached to a pipe after its exit from the channel of a matrix by distribution. In case of hot pressing of pipes from high-strength aluminum D16 alloy with distribution in comparison with hot pressing without counter-pressure increase in hydrostatic pressure, longitudinal, district and radial normal tension by 18 MPas, reduction of tangent tension and as a result of intensity of tension is noted. Considerably borders of change of longitudinal, district, radial and angular deformations extend. These changes are connected with increase in plasticity of the deformable material caused by growth of hydrostatic pressure. On the most part of amount of procurement longitudinal, district and radial deformations are small and begin to increase actively in a blooming zone, reaching extreme values in the field of the calibrating corbel where change a sign for antiput. Counter-pressure in case of a pipe exit from the channel of a matrix changes nature of distribution of district, radial and longitudinal tension on pipe wall thickness. The size of the longitudinal stretching tension in blankets is 50% less, than when pressing without counter-pressure.

Keywords: pressing; direct method; boring pipe; D16 alloy; counter-pressure; distribution; the intense deformed state; hydrostatic pressure; the DEFORM program; modeling

REFERENCES

1. Fayn G.M., Makarov E.M. State and the prospects of production and application of pipes of oil-field production and application of pipes of an oil-field range from aluminum alloys *Territoriya Neftegaz*, 2007, No5. P. 66-71.
2. Ermanok M.Z., Kogan A.S., Golovinov M.F. Pressing of pipes from aluminum alloys. Moscow, Metallurgy, 1976. P. 248.
3. Kargin V.R., Afanasyev A.E., Kargin B.V. Modeling of process of pressing of boring pipes with external thickenings. *News of the Samara scientific center of RAN*. Volume 18, No 1(2). P. 215-218.
4. Perlin I.L. Theory of pressing of metals. Moscow, Metallurgy, 1964. P. 244.
5. Evdokimov A.K., Antokhina K.A. The combined expression with counter-pressure. *Forge and forming production. Processing of metals pressure*, 2012, No12. P. 6-12.
6. Evdokimov A.K., Nazarov A.V. The accounting of counter-pressure at the return expression with active friction. *The prepared productions in mechanical engineering*, 2007, No11. P. 28-33.
7. DEFORM-2D/3D Version 6.0 User's Manual. [M] Columbia. Ohio: Scientific Forming Technologies Corporation. 2006.
8. Kargin V.R., Bykov A.P., Kargin B.V., Erisov Ya.A. Modeling of processing in the DEFORM - 2D. Samara, MIR, 2011. P. 170.
9. Gromov N.P. Theory of processing of metals pressure. Moscow, Metallurgy, 1967. P. 340.