

УДК 621.7

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЛИНЫ ЗОНЫ НАГРЕВА НА ПРОЦЕСС НАРУЖНОЙ ВЫСАДКИ КОНЦОВ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

©2017 И.И. Некрасов, А.П. Карамышев, В.С. Паршин, А.И. Дронов, В.А. Хорев, А.А. Федулов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Статья поступила в редакцию 01.03.2017

В статье рассматривается процесс наружной высадки концов насосно-компрессорных труб. Анализ результатов, полученных путем моделирования технологического процесса высадки, позволил изучить влияние значений температуры предварительного нагрева и длины зоны нагрева конца трубы на энергосиловые параметры процесса и качество получаемых труб. Данные моделирования подтверждены экспериментально.

Ключевые слова: насосно-компрессорная труба, наружная высадка, высадочный пресс

Насосно-компрессорные трубы (НКТ) предназначены для выполнения функций подъема из скважины на поверхность и подачи в скважину жидкости или газа, смесей жидкости и газа, подвески в скважине погружного скважинного оборудования и т.п. Изготавливают их двух типов: с гладкими и с высаженными наружу концами, на которых нарезают наружную резьбу. Отличительной особенностью применения насосно-компрессорных труб является наличие высоких механических нагрузок и воздействие агрессивных сред.

Процесс наружной высадки концов насосно-компрессорных труб на прессе SMS Meer усилием 2500 кН ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (табл. 1) включает: нагрев конца трубы под высадку, транспортировку трубы на ось высадочного пресса, зажим трубы, деформацию конца трубы, путем перемещения пуансона (рис. 1), выдачу трубы на приемный стеллаж.

Таблица 1. Техническая характеристика высадочного пресса SMS Meer

Наименование параметра	Технические данные
усилие высадки, кН	около 2500
ход высадочного цилиндра, мм	1553
скорость движения пуансона, мм/с	95
характеристики труб, подлежащих высадке:	
диаметр высаживаемых труб, мм	60,3÷127,0
толщина стенки, мм	4,8÷12,7

Некрасов Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических и роторных машин. E-mail: nekrasovii@yandex.ru

Карамышев Андрей Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических и роторных машин. E-mail: andrey.karamyshev@yandex.ru

Паршин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры металлургических и роторных машин. E-mail: svparshin@urfu.ru

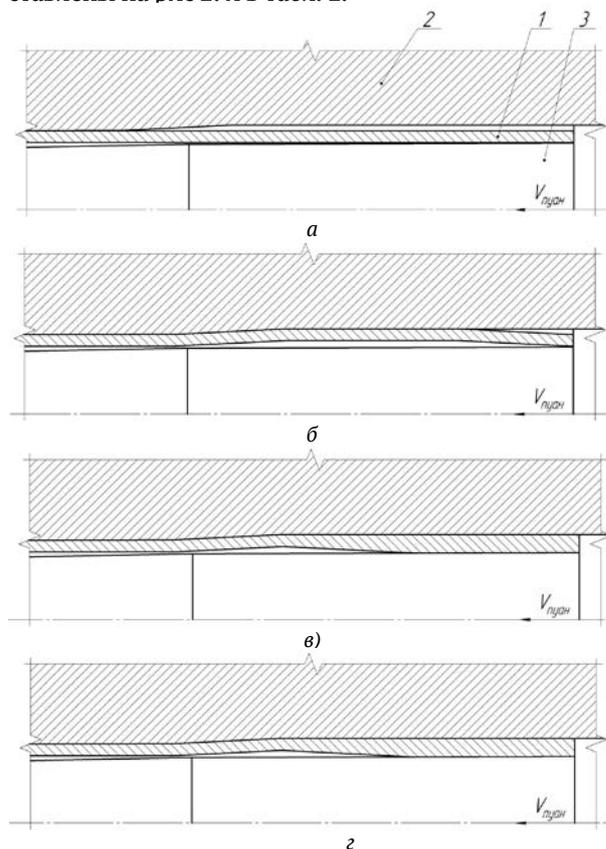
Дронов Алексей Иванович, аспирант

Хорев Валерий Александрович, аспирант

Федулов Артем Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических и роторных машин.

E-mail: artem.feduloff@yandex.ru

Нагрев конца трубной заготовки осуществляется при этом в индукторе. Максимальная длина зоны нагрева составляет 500 мм, температура нагрева – до 1300°C градусов. С целью изучения влияния температуры нагрева концов труб и длины зоны нагрева на энергосиловые параметры процесса и формоизменение металла при наружной высадке было проведено моделирование процесса с применением программного комплекса DEFORM для трех типоразмеров труб: 60,32×4,83 мм и 88,90×6,45 мм согласно API-5CT и 73,0×7,0 мм согласно ГОСТ 633-80 из стали 15X5МФБ. Физико-механические свойства стали 15X5МФБ задавались по результатам экспериментальных исследований, проведенных на пластометре ИМАШ УрОАН [1]. Геометрические параметры рассматриваемых типоразмеров труб с высаженными концами представлены на рис 2. и в табл. 2.



2

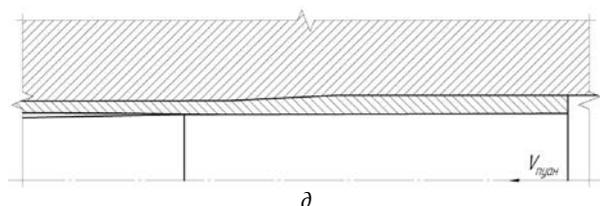


Рис. 1. Последовательность процесса наружной высадки концов НКТ:

1 – заготовка; 2 – разъемная матрица; 3 – пуансон; а – начальное положение пуансона; б, в – промежуточные положения; z – окончательное положение пуансона

Результаты численной реализации созданной математической модели в конечно-

элементной постановке представлены на рис. 3. Моделирование включает последовательные решения тепловой задачи по нагреву заготовки и ее охлаждению перед высадкой при транспортировке на ось пресса, а также тепловой и деформационной задачи непосредственно процесса высадки с учетом предыдущего решения. На рис. 4 изображены зависимости усилия высадки, полученные при значениях показателя трения на матрице $\psi_{матр} = 0,5$ и пуансоне $\psi_{пуан} = 0,5$ (принимается на основании исследований [2, 3] и рекомендаций [4]).

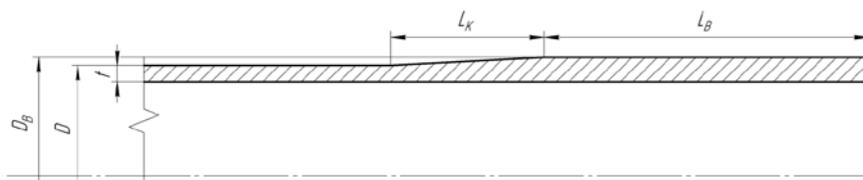


Рис. 2. Высаженный конец насосно-компрессорной трубы:

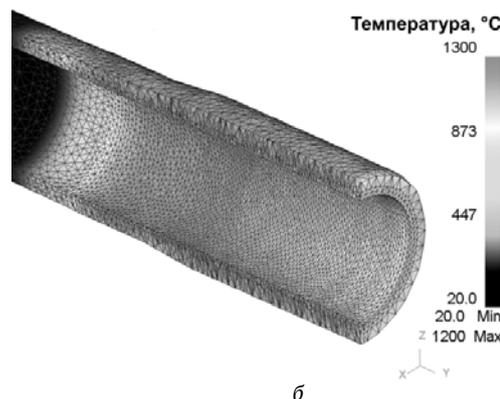
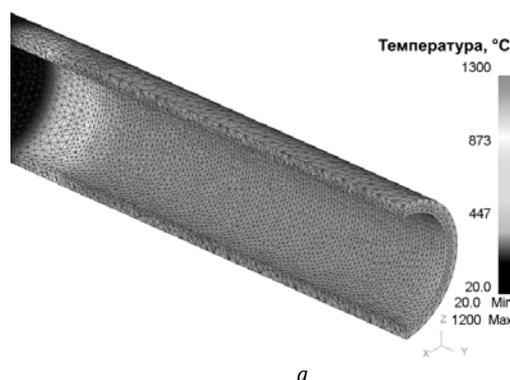
$D_в$ – наружный диаметр высаженного конца трубы; D – наружный диаметр трубы; t – толщина стенки трубы; $L_в$ – длина высаженной части (расстояние от торца трубы до начала переходного участка); $L_к$ – длина конической части трубы (переходного участка)

Таблица 2. Геометрические параметры труб с высаженными наружу концами

№	Диаметр трубы D , мм	Толщина стенки трубы t , мм	Наружный диаметр высаженной части трубы $D_в$, мм	Длина конической части трубы $L_к$, мм	Длина высаженной части трубы $L_в$, мм
1.	60,32	4,83	65,89	51	101,6
2.	73,0	7,0	78,60	25	95
3.	88,90	6,45	95,25	51	114,3

Как следует из полученных графиков, при наружной высадке концов труб рассматриваемых типоразмеров при изменении температуры нагрева в индукторе с 1300°C до 1100°C рост усилия высадки может достигать 37,2% от исходного значения (высадка концов труб типоразмера $88,90 \times 6,45$ мм). Анализ значений усилия высадки с точки зрения максимального усилия, развиваемого прессом SMS Meer (2500 кН) для исследуемых марок сталей, позволяет определить температурные диапазоны нагрева исходной заготовки под высадку. Например, для типоразмера $88,90 \times 6,45$ мм из стали 15Х5МФБ при температурах нагрева ниже 1220°C наблюдается превышение усилия, развиваемого прессом. При 1300°C усилия высадки на рассматриваемых типоразмерах не превышают 2150 кН.

При моделировании процесса наружной высадки концов труб была поставлена также задача по определению рациональной длины зоны нагрева заготовки. Исследовался процесс высадки концов НКТ при температуре нагрева $T = 1300^{\circ}\text{C}$. При этом длина зоны нагрева от торца трубы варьировалась в пределах $l = 240-345$ мм в зависимости от типоразмера трубы.



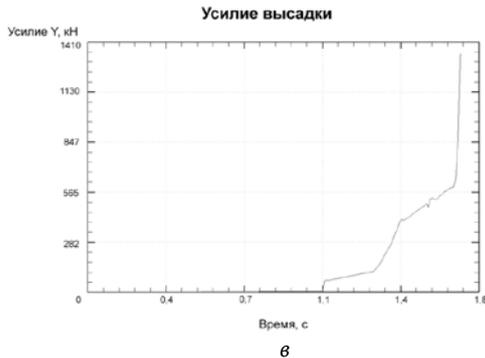


Рис. 3. Результаты решения по предлагаемой математической модели процесса наружной высадки

НКТ на примере типоразмера 73,0×7,0 мм:

a – распределение температур в заготовке на момент подачи трубы на ось пресса; *б* – распределение температур в заготовке по окончании собственно процесса высадки; *в* – график зависимости усилия высадки от времени при прямом ходе пуансона

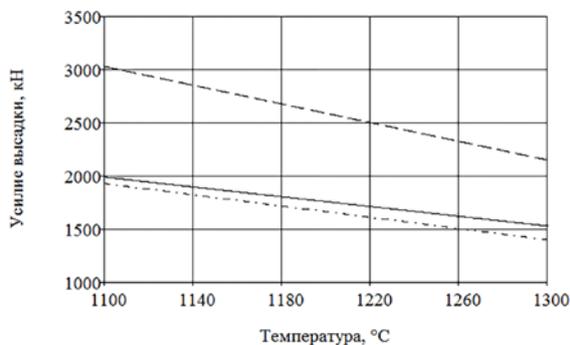


Рис. 4. Зависимость усилия высадки от температуры нагрева концов НКТ при высадке:

(— — — 60,32×4,83 мм; - · - · - 73,0×7,0; --- 88,90×6,45 мм)

В результате расчетов по созданной математической модели процесса наружной высадки концов труб получены зависимости, приведенные на рис. 5. Как видно из полученных графиков, происходит снижение усилий, действующих на пуансон пресса, при увеличении длины зоны нагрева до определенных величин в зависимости от типоразмера труб. После этого снижение усилия сменяется его увеличением. Минимумы усилия высадки получены при этом при длинах нагрева заготовки: для типоразмера 60,32×4,83 мм – 290 мм, 73,0×7,0 мм – 225 мм, 88,90×6,45 – 295 мм. Граница зоны нагрева заготовки при этом находится на расстоянии 36-55 мм от границы конического участка матрицы при установке трубы в пресс под высадку. Кроме того, как показывают расчеты, при малых и больших значениях длины зоны нагрева присутствуют дефекты в виде крутого перехода от утолщения к телу трубы, внутренние и наружные незаполнения и т.п. В то же время при длинах нагрева соответствующих минимальным значениям усилия деформация металла труб не носит выраженного характера, поэтому, в целом, они могут быть рекомендованы к внедрению на практике.

С целью проверки адекватности созданной математической модели процесса наружной высадки концов труб произведены замеры усилия высадки на прессе SMS Meer ОАО «ПНТЗ» концов труб типоразмера 73,02×5,51 мм из материала сталь 15Х5МФБ. По результатам замеров давление в главном цилиндре пресса в конце рабочего хода пуансона составило 174 бар, что соответствует усилию высадки 1770 кН. Расчетное значение усилия высадки согласно математической модели – 1840 кН. Отклонение расчетных и экспериментальных данных в данном случае составляет 3,8%, что говорит об адекватности созданной математической модели процесса наружной высадки концов труб реальному технологическому процессу.

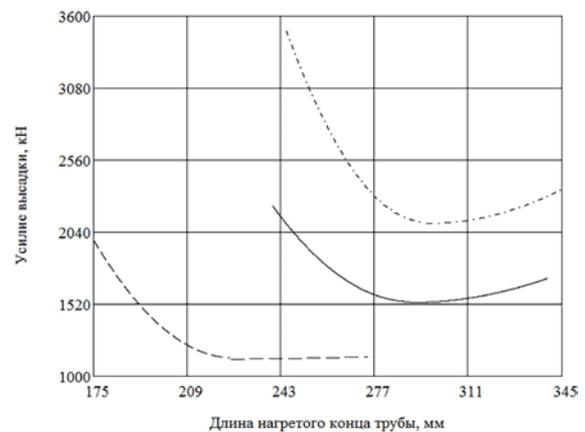


Рис. 5. Зависимость усилия высадки от длины нагрева концов НКТ при высадке (— — — 60,32×4,83 мм; --- 73,0×7,0; - · - · - 88,90×6,45 мм)

Выводы: созданная математическая модель процесса высадки концов труб позволяет определить температурные зоны нагрева труб под высадку с учетом технологических возможностей прессового оборудования, а также найти рациональные длины зон нагрева с обеспечением минимальных значений энергосиловых параметров процесса и качества получаемых труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов, А.В. Исследование сопротивления деформации сталей 18ХМФБ и 18Х3МФБ при горячей деформации / А.В. Коновалов, А.С. Смирнов, А.П. Карамышев и др. // *Металлург*. 2015. №11. С. 110-112.
2. Тарновский, И.Я. Теория обработки металлов давлением: Вариационные методы расчета усилий и деформаций / И.Я. Тарновский и др. – М.: Металлургиздат, 1963. 672 с.
3. Зинченко, А.В. Повышение эффективности процесса высадки концов бурильных труб на основе математического и физического моделирования: дис. ... к.т.н. – Челябинск: ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ (НИУ)». 2013. 164 с.

**THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HEATING ZONE LENGTH
ON THE TUBING PIPES ENDS OUTER UPSET PROCESS**

© 2017 I.I. Nekrasov, A.P. Karamyshev, V.S. Parshin, A.I. Dronov, V.A. Khorev, A.A. Fedulov

Ural Federal University, Ekaterinburg

The authors carried out the study of the tubing pipes end outer upset process. The analysis of results obtained by the modeling of the technological upset process allowed to investigate influence of the value of preliminary heating temperature and heating zone length of a pipe end on the process loads and a final pipe quality. The modeling data were verified experimentally.

Key words: *tubing pipe, outer upset, upset press*

Igor Nekrasov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metallurgical and Rotary Machines. E-mail: nekrasovii@yandex.ru

Andrey Karamyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metallurgical and Rotary Machines. E-mail: andrey.karamyshev@yandex.ru

Vladimir Parshin, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Metallurgical and Rotary Machines. E-mail: svparshin@urfu.ru

Aleksey Dronov, Post-graduate Student

Valeriy Khorev, Post-graduate Student

Artem Fedulov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metallurgical and Rotary Machines. E-mail: artem.feduloff@yandex.ru