
Раздел 2

Машиностроение. Технологические машины и транспорт.

УДК 621.791.92

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ УПРОЧНЕНИЯ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГА

М.К. ИБАТОВ, О.Н. КРИВЦОВА, Ж.А. ЖУНУСОВ
(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Ролики отводящего рольганга НШПС 1700 АО «Арселор МитталТемиртау» эксплуатируются в сложных температурных условиях. Перемещающийся металл разогревает рабочую поверхность до значительных температур, а последующее охлаждение за счет массы деталей и окружающей среды (воздуха, водяного душа), изменяя температурное поле по сечению деталей, создает термические и фазовые напряжения, которые в условиях многократных нагревов и охлаждений вызывают образование сетки разгара на рабочей поверхности детали [1]. Кроме того, ролики рольганга находятся под воздействием интенсивных истирающих нагрузок.

Поэтому упрочняющая обработка должна обеспечивать ролик высокой износостойчивостью в широком диапазоне темпе-

ратур, сопротивляемостью термической усталости, сопротивлением динамическим нагрузкам и др.

В данной работе проанализированы некоторые виды поверхностного упрочнения, применяющиеся в качестве упрочняющей обработки роликов, а именно: плазменная закалка (наплавка проволокой, наплавка по неподвижной присадке, наплавка порошками); газотермическое напыление (газопламенное напыление, детонационное напыление, электродуговое напыление, высокочастотное индукционное напыление).

Плазменная наплавка (ПН) представляет собой процесс при котором наплавляемое изделие включается в электрическую цепь (наплавка плазменной дугой) или является нейтральным (наплавка плазменной струей), а в качестве присадочных материалов исполь-

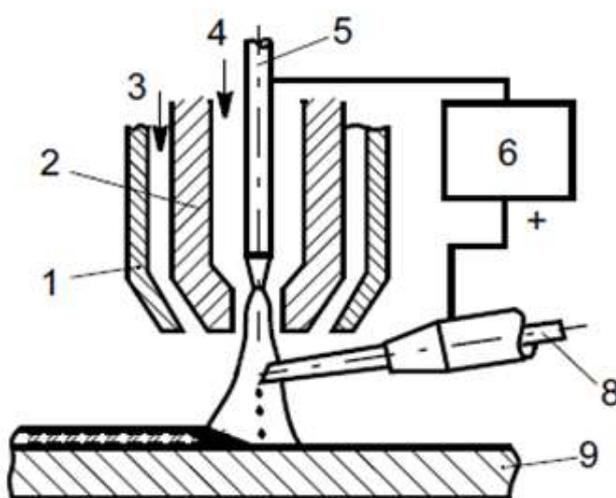
зуются порошки, проволоки, пасты, литые прутки, пластины и др.

По виду применяемого присадочного материала известные способы плазменной наплавки можно разделить на три основные группы [2]:

- наплавка проволокой или прутками;
- наплавка по неподвижной присадке, уложенной или каким-либо образом закрепленной на наплавляемой поверхности;
- наплавка порошком;
- наплавка присадочной пастой.

Принцип работы плазменной наплавки представлен на рис.1. Наплавку плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой выполняют постоянным током прямой полярности [3]. Дуга горит между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой, подаваемой сбоку под прямым углом к оси плазмотрона. Между катодом и соплом плазмотрона постоянно горит также слаботочная (15÷25 А) дежурная дуга (на схеме не показана), которая обеспечивает надежное возбуждение и устойчивое горение рабочей дуги.

Схема нанесения плазменного покрытия



1 – защитное сопло; 2 – формирующее сопло; 3 – защитный газ; 4 – плазмообразующий газ; 5 – электрод; 6 – источник питания плазменной дуги; 8 – наплавляемая проволока; 9 – изделие.

Рисунок 1.

Характерные наплавляемые детали плазменной наплавкой: клапаны и седла клапанов двигателей внутреннего сгорания, детали трубопроводной арматуры для воды, пара и газа, ножи для резки металла, прокатные валки, валы штампы, шнеки, замки и муфты бурильных труб, лабиринтные уплотнения авиационных турбин и др.

Газотермические методы напыления основаны на нагреве или расплавлении наносимого материала и распылении его на обрабатываемую поверхность с целью получения покрытия, обладающего заданными свойствами и прочностью сцепления с основой.

Наиболее распространенными источниками теплоты для нагрева или расплавления

наносимого материала являются газокислородное пламя, электрическая дуга или плазменная дуга [4].

Известны и другие способы нагрева наносимого материала, например токами высокой частоты, импульсным разрядом тока высокого напряжения, детонационным горением топливно-кислородной смеси и т.д. Однако эти способы получили менее широкое применение.

К газотермическим методам напыления можно отнести [5]:

1. Высокоскоростное газопламенное напыление широко применяющееся при создании плотных металлических и металлокерамических покрытий.

Раздел 2. «Машиностроение. Технологические машины и транспорт»

2. Детонационное напыление – в силу дискретного характера напыления и малой производительности наиболее подходит для напыления покрытий для защиты и восстановления небольших участков поверхности.

3. Распыление с помощью плазмы обычно называют плазменным напылением. Энергозатратный метод, наиболее оправдано его применение для создания керамических покрытий из тугоплавких материалов.

4. Высокочастотное индукционное напыление энергетически более выгодно, однако позволяет напылять только металлические материалы. Как правило, используется для напыления антикоррозионных металлических покрытий на больших площадях.

5. Газопламенное напыление – недорогой во внедрении и эксплуатации метод, широко используемый для восстановления геометрии деталей и защиты от коррозии крупных объектов.

Напыление с оплавлением – метод, обеспечивающий металлургическую связь покрытия с основой. Применяется, если высокий нагрев при оплавлении не ведет к риску термических повородок детали либо такой

риск считается оправданным.

Газотермические методы напыления нашли применение в нефте- и газоперерабатывающей промышленности, энергетике и авиакосмической промышленности (у лопаток паровых и газовых турбин восстанавливаются торцевые размеры, защищается рабочая поверхность от окисления и высокотемпературной коррозии), металлургии, машиностроении и т.д.

Электродуговая наплавка разработана академиком Е.О. Патеном в годы Великой Отечественной войны применительно к броневой стали танков и представляет собой сварку под флюсом. Позже на ее основе были созданы технологии наплавки различных деталей машин под флюсом электродной проволокой. Их особенностью является то, что процесс наплавки происходит при горении дуги между непрерывно подаваемой электродной проволокой и деталью под слоем сыпучего флюса толщиной 20÷40 мм с размером частиц 0,3÷0,5 мм [6]. При горении дуги одновременно плавятся электродная проволока, основной металл и флюс (рис.2).

Схема электродуговой наплавки под слоем флюса

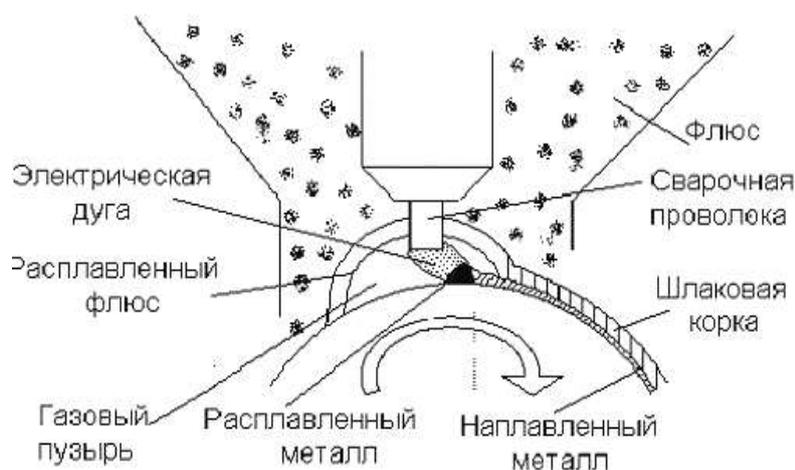


Рисунок 2.

Автоматическая электродуговая наплавка нашла широкое применение во многих отраслях промышленности. Данным методом восстанавливаются изношенные детали и наплавляются новые для получения заданных свойств из различных сталей, чугунов,

алюминиевых сплавов и других металлов. Например, наплавка тел вращения и плоскостных деталей, требующих повышенной износостойкости, заварка корпусных деталей коробок передач и блоков, ремонт алюминиевых дисков колес и т.п [7].

Раздел 2. «Машиностроение. Технологические машины и транспорт»

Преимущества электродуговой наплавки:

- высокая толщина наплавляемого материала;
- возможность наплавки в местах с ограниченным доступом;
- возможность наплавки в любых пространственных положениях;

- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота электродугового оборудования.

Технические характеристики вышеперечисленных методов упрочнения приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика методов упрочнения

Способ упрочнения	Плазменная наплавка			Газотермические методы напыления				Электродуговая наплавка
	проволокой	по неподвижной присадке	порошками	газопламенное напыление	детонационное напыление	электродуговое напыление	высокочастотное индукционное напыление	
Производительность, кг/ч	4 ÷ 10	12	16	12 ÷ 14	до 17	14 ÷ 18,8	12 ÷ 17	12 (ручная) до 27 (автомат.)
Толщина наплавляемого слоя, мм	1,5 ÷ 4	3-4,8	4-5	1,7 ÷ 3,5	3,5 - 4	до 8	4,5 ÷ 6	3 ÷ 8
Температура детали в процессе нанесения покрытия, °С	120 ÷ 170	150 ÷ 170	150 ÷ 200	140 ÷ 150	≤ 90	до 180	220 ÷ 240	200 ÷ 250
Прочность сцепления покрытий, МПа	полное сплавление		210	105	140	170	–	185 ÷ 190
Предел прочности, МПа	470 ÷ 490	–	400 ÷ 420	560 ÷ 630	630 ÷ 700	–	480 ÷ 500	540 ÷ 550
Твердость, HRC	52 ÷ 55	55	60	61 ÷ 65	68 ÷ 71	64 ÷ 67	–	60 ÷ 65

На основании проведенного анализа можно сделать выводы, что наиболее эффективным методом поверхностной обработки по совокупности всех характеристик является электродуговая наплавка. Она обеспечивает высокую толщину наплавляемого слоя (до 8 мм), высокую производительность наплавки (до 27 кг/ч). Это в свою очередь

позволяет применять её в массовом производстве. Электродуговая наплавка позволяет достичь твердости до 65 HRC, что является большим значением для прокатных роликов. Важнейшим преимуществом ЭДН является простота оборудования и отсутствие в необходимости более квалифицированного персонала (в отличие от плазменной наплавки).

по-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Упрочнение деталей металлургического оборудования. Уманский В.Б., Костенко А.А., Худик Ю.Т. – М.: Металлургия, 1991. – 176 с.
2. Переpletчиков Е.Ф. Способы плазменной наплавки, применяемые в странах СНГ [Текст] // Сварщик. 2004. № 3. С. 9 – 14.
3. Гладкий П. В., Переpletчиков Е.Ф., Рябцев И.А. — Плазменная наплавка (обзор) // Сварочное производство, 2007, №2, С. 32– 41.
4. Мчедлов С.Г. Газотермическое покрытие в технологии упрочнения и восстановления деталей машин. Ч. 1. Газопламенное и детонационное напыление (обзор) // Сварочное производство, 2007, № 10, С. 35 – 46.
5. Газотермическое напыление; под общей ред. Л.Х. Балдаева-М.:2007 г
6. Яковлев В.В., Барышников Ю.И., Сурков А.В. – Опыт наплавки роликов МНЛЗ // Сталь, 1999, №9, С. 60 – 63.
7. Спиридонов Н.В., Кудина А.В., Кураш В.В. – электродуговая наплавка металлоповерхностей в среде защитного газа // Наука и техника, 2013, №4, С. 3 – 7.

УДК 621.771.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК НА ЛАБОРАТОРНОМ ВИНТОВОМ СТАНЕ 30-10

Ж.К. АМАНЖОЛОВ, А.В. ДОЛЯ

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Повышение качества изделий, уменьшение затрат на производство и повышение конкурентоспособности на мировом рынке стимулирует разработку принципиально новых технологий и оборудования.

Мини-станы винтовой прокатки (рис. 1)

предназначены для производства прутков мелких сечений практически из всех металлов и сплавов и позволяют выполнять заказы на мелкие и сверхмелкие партии проката с расширенным размерно-марочным сортаментом в сжатые сроки. В наибольшей мере

Лабораторный стан винтовой прокатки



Рисунок 1.

эффективность данных станов проявляется при необходимости оперативного производства малых партий высококачественного проката из черных и цветных металлов.

В стане винтовой прокатки реализованы последние достижения горячей прокатки, а в частности, преимущественно сдвиговые перемещения частиц металла в очаге деформации, что способствует

максимальному уплотнению структуры и существенному улучшению качеству проката.

На кафедре «Обработка металлов давлением» РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет» имеется лабораторный мини-стан винтовой прокатки 10-30. Техническая характеристика данного стана приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики стана

Диаметр получаемых прутков	10-25 мм
Допуск по диаметру	0,10%
Диаметр исходных заготовок	15-30 мм
Длина получаемых прутков	до 6,0 м
Длина исходных заготовок	от 100 мм до 2,0 м
Скорость прокатки	не более 0,2 м/с
Производительность	0,15 т/час
Мощность электродвигателей	3 × 5 кВт
Расход воды	до 0,2 куб.м/час
Масса оборудования	1,0 т

В работе [1] приведено уравнение регрессии, полученное в ходе проведенного планируемого эксперимента. Данное уравнение позволяет определить оптимальные технологические параметры прокатки на данном лабораторном стане, что в свою очередь обеспечит получение металла с заданными механическими свойствами.

С целью проверки эффективности использования винтовой прокатки для получения высококачественных сплошных заготовок круглого поперечного сечения был проведен эксперимент, целью которого являлось исследование механических свойств и структуры металла, прокатанного на стане винтовой прокатки. В ходе данного эксперимента прокатке подвергали заготовки из стали 40X размерами $D \times l = 16 \times 300$ мм. На основе проведенных в работе [1] исследований по определению оптимальных режимов деформирования, прокатку заготовок вели при следующих условиях:

– температура начала деформирования 1100°C (нагрев заготовок вели в трубчатой

– абсолютное обжатие в каждом проходе 1 мм;

– после каждого прохода производили поворот заготовки вокруг своей оси на 180°;

– суммарное обжатие составляло 11,1%, 22,2%, 33,3% и 44,4%.

Из всех продеформированных заготовок были изготовлены стандартные образцы на растяжение, форма и размеры которых определены в соответствии с ГОСТ 1497-84 и подготовлены микрошлифы для металлографических исследований. Аналогичные образцы для испытаний на растяжения и подготовки микрошлифов были изготовлены из недеформированных заготовок для исследования исходной структуры и механических свойств. Испытание образцов на растяжение вели на испытательной машине МИ40КУ по методике «Проверка в соответствии с рд 50-482-84». Изменения микроструктуры были изучены при помощи оптического микроскопа Leica.

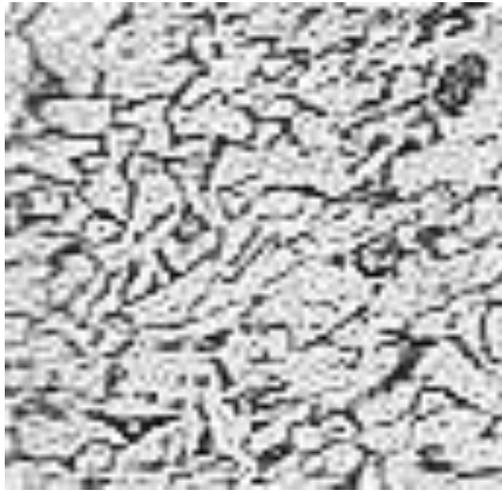
Результаты металлографических исследова-

Раздел 2. «Машиностроение. Технологические машины и транспорт»

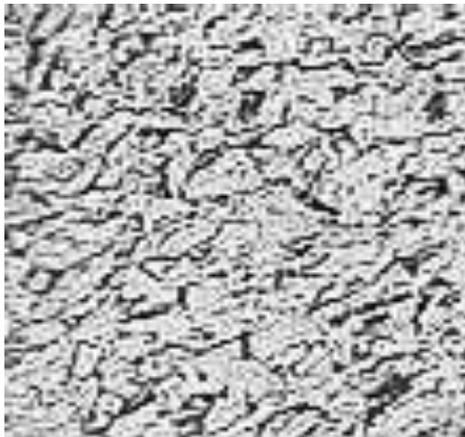
печи сопротивления Nabertherm);

дований приведены на рисунке 2.

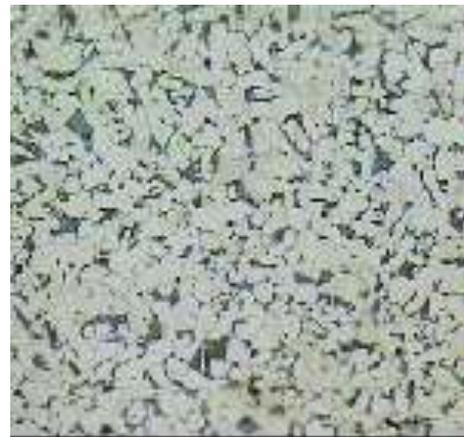
Микроструктура стали 40Х, × 500



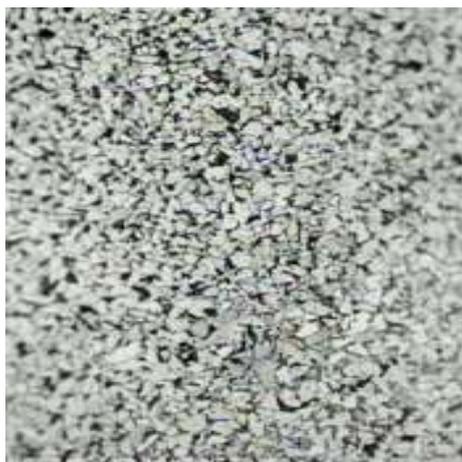
а)



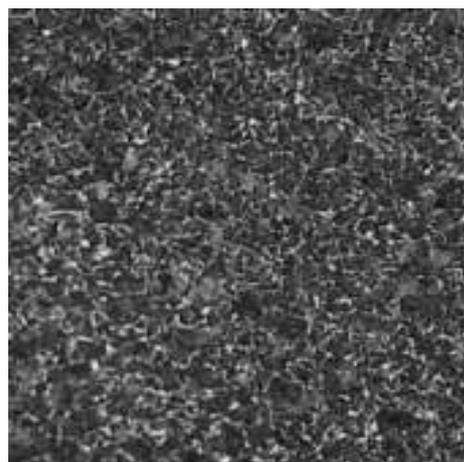
б)



в)



г)



д)

а – исходная микроструктура;
б, в, г, д – после прокатки на стане винтовой прокатки с обжатиями
11,1%, 22,2%, 33,3% и 44,4% соответственно

Рисунок 2.

Анализ результатов исследования микроструктуры заготовок после деформирования на стане винтовой прокатки показал:

1. При деформировании заготовок на винтовом стане, структура металла эволюционирует не равномерно по всему сечению. В поверхностных слоях происходит более интенсивная проработка микроструктуры.

2. Если исходный размер зерна составляет 4,2 мкм, то после деформирования на лабораторном стане винтовой прокатки 30-10 средний размер зерна составил: при обжатии $\varepsilon = 11,1\%$ - 3,1 мкм; при $\varepsilon = 22,2\%$ - 2,4 мкм; при $\varepsilon = 33,3\%$ - 1,2 мкм; $\varepsilon = 44,4\%$ - 0,7 мкм соответственно, т.е. с увеличением обжатия размер зерна существенно уменьшается.

Размер зерна оказывает большое влияние на механические свойства металла. Уменьшение величины зерна приводит к повышению характеристик пластичности с одновременным ростом прочностных характеристик [2]. Это подтверждается результатами механических испытаний.

Так по статистически обработанным результатам механических испытаний было определено среднестатистическое значение свойств $\bar{O} = \sum_{i=1}^n \tilde{O}_i / n$, (X_i результат отдельного испытания; n – количество испытаний), и построены графики зависимости прочностных, пластических свойств от степени деформации (рисунок 3 и 4).

График зависимости прочностных характеристик от степени деформации

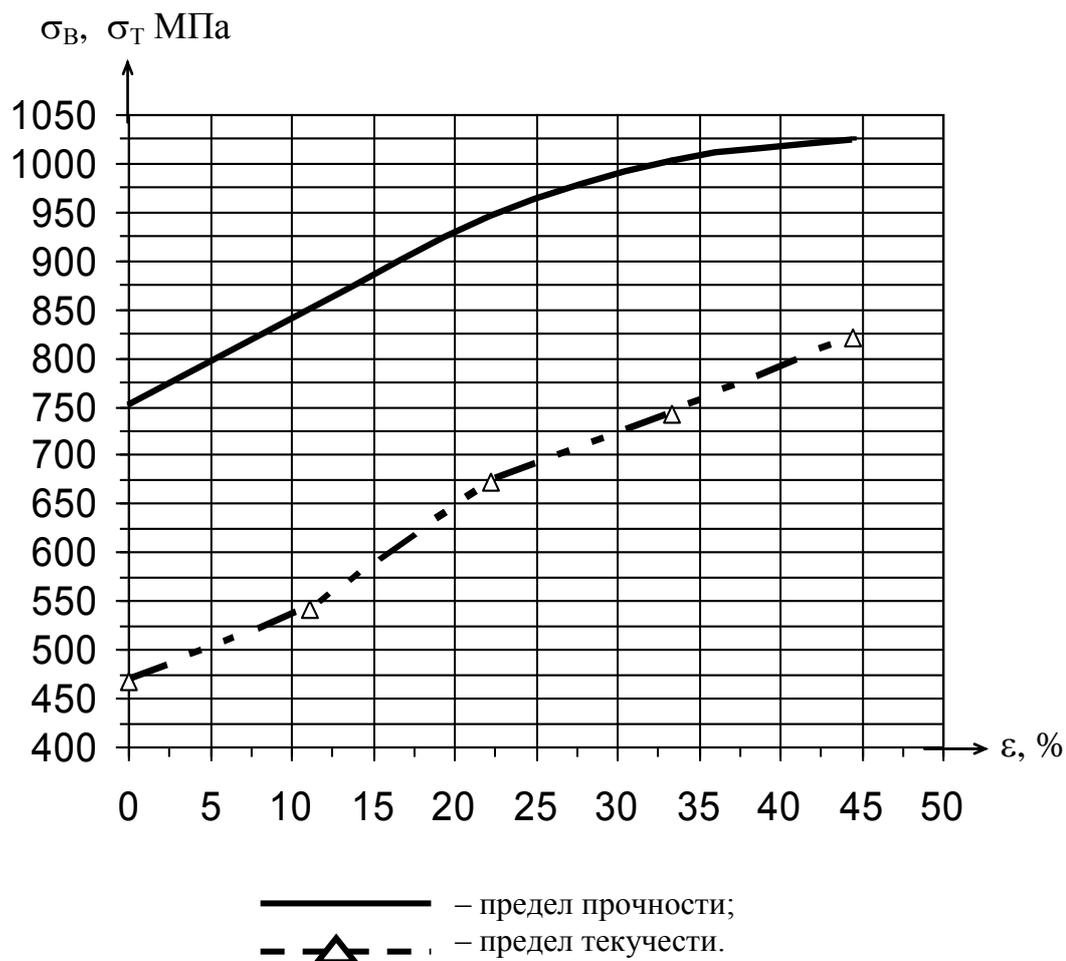


Рисунок 3.

График зависимости пластических характеристик от степени деформации

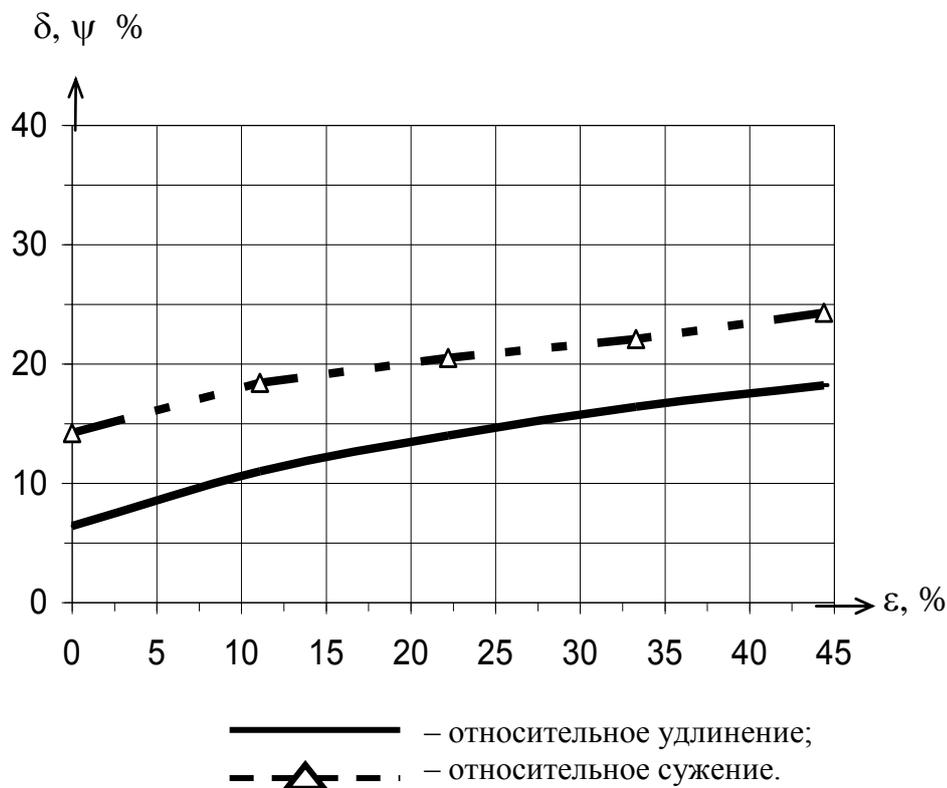


Рисунок 4.

Из графиков зависимостей прочностных и пластических характеристик от степени деформации видно, что с увеличением обжатия как прочностные, так и пластические свойства стали 40X возрастают.

Вывод: Полученные характеристики стали 40X свидетельствует о том, что предложенная технология деформирования заготовок на винтовом стане позволяет получать металлы и сплавы с высоким уровнем механические свойства. Так же в процессе винто-

вой прокатки возможно повысить механические свойства менее легированных сплавов до уровня высоко легированных, а в некоторых случаях, выше. Что в свою очередь даст возможность использовать винтовую прокатку для изготовления заготовок, которые будут использоваться для изготовления деталей ответственного назначения, которые в настоящее время изготавливаются из высоколегированных инструментальных сталей, из менее легированных сталей и сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н. Оптимизация процесса прокатки на лабораторном винтовом стане 30-10. - Технология производства металлов и вторичных материалов. Темиртау, 2006, №2.
2. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. – М.: Металлургия, 1982. – 584 с.