

А. В. Левина, С. А. Демидов, В. А. Шарапова, Ю. А. Шестопапов

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

mla44@mail.ru

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *Т. В. Мальцева*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ ТОНКИХ СЕЧЕНИЙ ИЗ АУСТЕНИТНО-ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ

АННОТАЦИЯ

В работе изучено влияние холодной пластической деформации волочением на структуру, механические и физические свойства аустенитно-ферритной стали, обладающей высокой технологичностью при деформации благодаря деформационному мартенситному превращению, позволяющему деформировать проволоку с бóльшими степенями обжатия между промежуточными смягчающими термообработками (закалками), сократить их число при производстве проволоки тонких сечений и снизить себестоимость продукции.

Ключевые слова: аустенитно-ферритная сталь, холодная пластическая деформация, механические свойства, физические свойства.

ABSTRACT

The paper studied the effect of cold plastic deformation by drawing on the structure, mechanical and physical properties of austenitic-ferritic steel having high workability by deformation due to deformation martensite transformation, which allows to deform the wire with larger degrees of compression between the intermediate softening heat treatment (quenching), to reduce their numbers in the production wire thin sections and reduce production costs.

Key words: austenitic-ferritic steel, cold plastic deformation, mechanical and physical properties.

В связи с тенденцией миниатюризации изделий в промышленности, в том числе в приборостроении, точном машиностроении и медицине возникает необходимость в создании новых современных инструментов и микроинструментов, упругих элементов, пружин и игл, изготовленных из проволоки и ленты тонких сечений. Используемые в настоящее время для изготовления упругих элементов и пружин стали аустенитного класса типа 12X18H8T и мартенситного 30X13, 40X13 не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам, используемым для этих целей. Они имеют недостаточно высокий уровень механических свойств, и коррозионной стойкости, а также не обладают хорошей технологичностью,

необходимой для получения проволоки тонких и тончайших сечений. Кроме того, стали аустенитного класса типа 12X18H10T после термопластической обработки, обеспечивающей максимальные значения предела упругости, уже при температуре релаксации 300 °С имеют пониженные значения релаксационной стойкости, что приводит к недостаточно высокой теплостойкости пружин и упругих элементов, изготовленных из этих сталей. Высокая теплостойкость и коррозионная стойкость присуща сталям мартенситно-старееющего класса, из которых изготавливают пружины, упругие элементы и другие детали, которые должны обладать высокими прочностными и функциональными свойствами. Стали мартенситно-старееющего класса работают в широком интервале температур от криогенных до повышенных и имеют в закаленном состоянии близкие прочностные свойства с изучаемой нами сталью аустенитно-ферритного класса (табл. 1). Обе эти стали были разработаны на кафедре металловедения УрФУ и достаточно близки по легированию 03X12H8K5M2ЮТ и 03X14H11K5M2Ю2Т, соответственно.

Таблица 1

Механические свойства аустенитно-ферритной
и мартенситностарееющей сталей

Свойства	03X14H11K5M2Ю2Т	03X12H8K5M2ЮТ (ЗИ90-ВИ)
Закалка 1000 °С		
σ_b	940	1020
ψ	71	79
δ	10	1,5
Кручение $l = 100d$	87...90	20...30
Закалка 1000 °С, деформация 80 % (диам. 0,8 мм)		
σ_b	1840	1530
ψ	56	73
δ	1	1
Кручение $l = 100d$	30...33	3...4
Закалка 1000 °С, деформация 80 % (диам. 0,15 мм)		
σ_b	2300	1620
R_{uzl}	52	53

При производстве пружин одним из основных технологических этапов является пластическая деформация. Горячая пластическая деформация не приводит к существенному упрочнению исследуемых сталей и является одним из технологических этапов переработки заготовок в проволоку. Холодная пластическая деформация способствует дополнительному упрочнению и достижению высокопрочного состояния при производстве проволоки или ленты. Технология получения проволоки тонкого и тончайшего сечения состоит из следующих чередующихся операций:

1. Смягчающей термической обработки (закалки).

2. Подготовки поверхности проволоки к последующему волочению (травление, нанесение подмазочного слоя).

3. Волочения с максимально возможными для данного типоразмера суммарными деформациями.

При производстве проволоки тонких сечений эта технологическая цепочка повторяется несколько раз. Возможность увеличения суммарной степени обжатия при технологическом переделе приводит к уменьшению числа промежуточных отжигов, а, следовательно, и последующих операций, что приводит к снижению себестоимости продукции. В связи с низкой металлоемкостью изделий, которые производят из проволоки тонких сечений, себестоимость их невысока, несмотря на использование столь высоколегированной стали.

Как видно из табл. 1 мартенситно-стареющие стали не склонны к значительному упрочнению при холодной пластической деформации. Коэффициент деформационного упрочнения остается практически постоянным во всем диапазоне степеней деформации от 0...80 % и соответствует 5...6 МПа на 1 % деформации. Лишь при уменьшении диаметра сечений проволоки до 0,1...0,3 мм становится заметным влияние масштабного фактора и прочность возрастает до 2500...3000 МПа после закалки + деформации на степень обжатия ~ 94 % + последующего последеформационного старения. Следует отметить, что основное упрочнение в мартенситно-стареющих сталях достигается в результате старения.

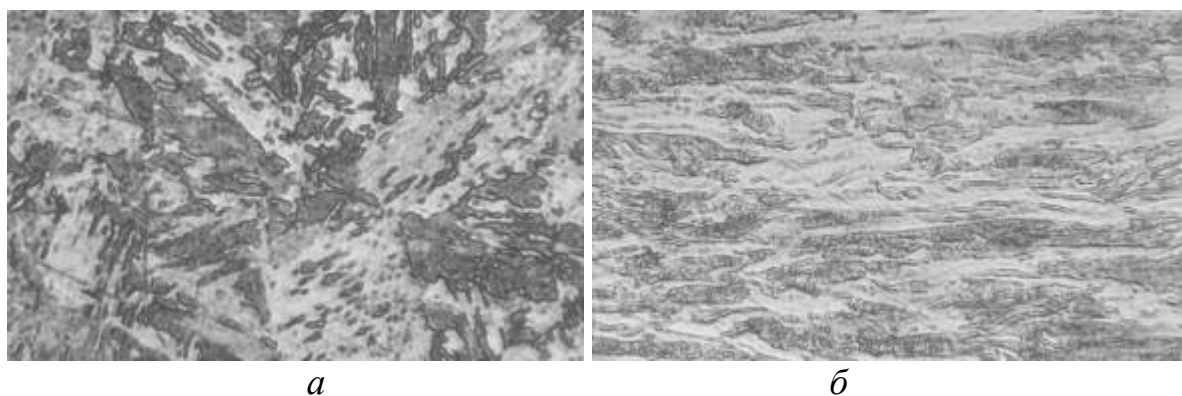


Рис. 1. Структура мартенситно-стареющей стали после закалки (а) от 950 °С и деформации со степенью обжатия ~ 80 % (б)

В связи с тем, что изучаемая астенитно-ферритная сталь имеет гетерофазную структуру и состоит из фаз, существенно различающихся по микротвердости, то основное внимание в работе было уделено эволюции структуры в ходе деформации.

Проведенное исследование показало, что аустенит в аустенитно-ферритной стали 03X14N10K5M2Ю2Т является метастабильным, деформация начинается в аустенитной фазе с протеканием локального микродвойникования с последующим образованием дислокационно-

ячеистой структуры, а затем фрагментированной структуры и мартенсита деформации.

δ -феррит при низких и умеренных степенях деформации, в результате присутствия в нём выделений высокодисперсной равномерно распределенной упорядоченной фазы $(Fe,Ni)Al$ и в связи с этим его высокой микротвердостью не испытывает видимых деформаций. Межфазные границы четкие и прямые. Увеличение степени деформации приводит к искривлению межфазных границ, деформации δ -феррита и его дроблению.

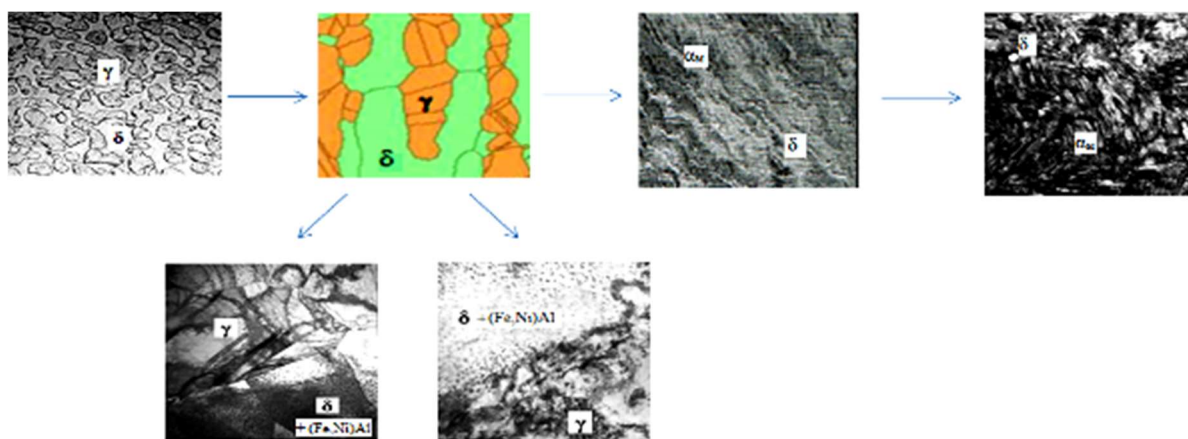


Рис. 2. Схема структурообразования при холодной пластической деформации исследуемой стали

Отработана технология (закалка + деформация ~ 88...90 %) получения высокопрочной проволоки для упругих элементов, пружин и стержневого медицинского инструмента из исследуемой аустенитно-ферритной стали, обладающей высокой технологичностью при деформации (волочении), что позволило сократить число промежуточных смягчающих отжигов (закалок) при производстве тонкой проволоки и снизить себестоимость продукции. Старение готовых изделий при 480...500 °С, в течение 30...40 мин способствует дополнительному повышению прочностных свойств.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006.

Работа выполнена по НИР № 2014/236 на выполнение Госработ в сфере научной деятельности в рамках базовой части Госзадания № 2480 Минобрнауки РФ.