

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АРМАТУРНЫХ СТАЛЕЙ

Петухова И.И.

Научный руководитель канд. техн. наук Аникина В.И.

*Сибирский Федеральный Университет*

Арматура —металлический прут, используемый для крепления железобетонных конструкций. Стержни арматуры изготавливаются из углеродистой или низколегированной стали: ГОСТ 5781-82.

Работа посвящена определению состава и свойств арматурных прутков разного диаметра, представленных ЗАО Сталепромышленной компанией.

При выполнении данной работы был определен химический состав прутков, изучены их микроструктуры, проведены металлографические исследования и определены механические свойства.

Определение химического состава прутков проводили на волновом спектрометре (рентгеновский анализатор VRL- 30) при напряжении 40В, силе тока 20мА с использованием различных кристаллов. Химический состав прутков приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав прутков

Вид изделия	Основа	С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
Арматура Ø 18 мм	Fe	0,35	0,93	0,36	0,16	0,30	0,17	0,02	0,03
Арматура Ø 16 мм	Fe	0,50	0,74	0,10	0,16	0,21	0,19	0,03	0,03
Арматура Ø 14 мм	Fe	0,35	0,90	0,36	0,06	0,10	0,18	0,02	0,03
Арматура Ø 11 мм	Fe	0,20	0,60	0,08	0,13	0,17	0,26	0,05	0,03

Металлографические исследования были проведены после травления шлифов в 3% спиртовом растворе азотной кислоты на микроскопе Observer. A1m. при увеличении \*160. Фотографии микроструктур представлены на рисунке 1.

Механические испытания проводили в несколько этапов. На первом этапе из представленной для исследований арматуры, путем механической обработки были изготовлены образцы для механических испытаний.

На следующем этапе исследований полученные образцы были подвергнуты испытаниям на растяжение при помощи испытательной машины Walter + Bai AG LFM – 400 усилием 400 кН. Во время испытаний основные параметры процесса фиксировались на ЭВМ в виде диаграмм. Для набора статической информации каждое испытание проводили 3 раза. Образцы на испытания были подготовлены в соответствии с ГОСТ 1497-84. А так же определяли твердость по Роквеллу по шкале А (HRA). Результаты испытаний представлены в таблице.

Математическая обработка полученных данных показала средние значения механических свойств арматуры различных диаметров, которые представлены в таблице 2.

На основании выполненных исследований пришли к следующему заключению.

Химический состав прутков разного диаметра различен.

Анализ результатов механических испытаний на растяжения показал, что все арматурные прутки удовлетворяют требованию ГОСТ 5781-82, и соответствуют классу А-III (для стали 35ГС, 32Г2Рпс:  $\sigma_b \geq 590$  МПа;  $\sigma_{0,2} \geq 390$  Мпа;  $\delta \geq 14\%$ ; для стали 25Г2С:

$\sigma_B \geq 560$  МПа;  $\sigma_{0,2} \geq 405$  МПа;  $\delta \geq 20\%$ ). Следовательно, арматура диаметром 14; 16; 18 мм соответствует марке стали 35ГС, класс А-III, а арматура диаметром 11 мм соответствует 25Г2С, класс А-III.

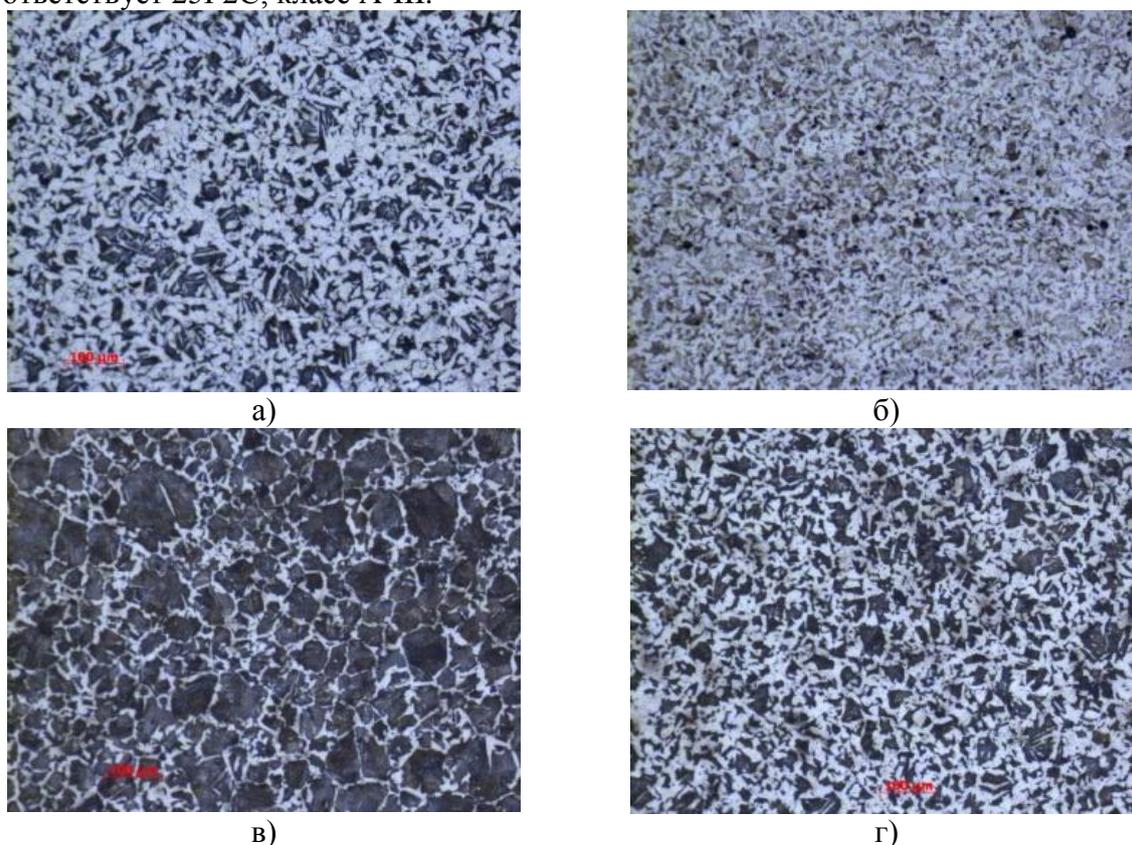


Рисунок 1 – микроструктуры: а) образец Ø 11 мм; б) образец Ø 14 мм; в) образец Ø 16 мм; г) образец Ø 18 мм

Таблица 2 – Средние значения механических свойств

Вид изделия	Механические свойства			
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
Арматура Ø=11 мм	557	341	26,2	120
Арматура Ø=14 мм	599	372	27,7	156
Арматура Ø=16 мм	685	605	18,8	189.5
Арматура Ø=18 мм	613	394	24,6	167

Наиболее высокие прочностные свойства арматурного прутка диаметром 16 мм обуславливаются наличием в микроструктуре большого количества перлита, рисунок 1 в. Высокие пластические характеристики арматуры диаметром 14 объясняется дисперсностью структуры, рисунок 1б. Неоднозначность механических свойств и структурных составляющих объясняется разностью режимов охлаждения при изготовлении арматурного прутка.

Был проведен полный отжиг ( $T=850$  °С,  $\tau=60$  мин, охл. с печью) и нормализация ( $T=850$  °С,  $\tau=60$  мин, охл. на воздухе). Структура образцов: феррит + перлит. Определение твердости и механических свойств (таблица 3), показало, что термическую обработку для арматуры из стали 35ГС и 25Г2С нужно проводить, чтобы можно было использовать для предварительно напряженных конструкций. Назначение гибкой арматуры имеет целью закрепление углов и переходов в железобетонных конструкциях для обеспечения целостности строения.

Сортамент гибкой арматуры включает в себя стальные сетки, каркасы и отдельные стержни гладкого либо периодического профиля.

Таблица 3 – Среднее значение механических свойств

Вид изделия	Механические свойства			
	Отжиг		Нормализация	
	$\sigma_b$ , МПа	НВ	$\sigma_b$ , МПа	НВ
Арматура $\varnothing=11$ мм	402	114	455	129
Арматура $\varnothing=14$ мм	444	126	504	143
Арматура $\varnothing=16$ мм	515	146	561	159
Арматура $\varnothing=18$ мм	504	143	536	152

Повышение прочности горячекатаной арматурной стали и уменьшение удлинения при разрыве достигаются введением в ее состав углерода и различных легирующих добавок: марганца, кремния, хрома и др. Содержание углерода свыше 0,3—0,5 % снижает пластичность и ухудшает свариваемость; марганец повышает прочность, без существенного снижения пластичности, кремний, повышая прочность, ухудшает свариваемость.

Существенное повышение прочности горячекатаной арматурной стали (в несколько раз) достигали термическим упрочнением. Это происходило при закалке арматурной стали (нагрев до 850 °С и быстрое охлаждение в воду и масло), затем отпуск (нагрев при 300 и при 400°С и постепенное охлаждение на воздухе). Свойства, получаемые после данного вида ТО, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднее значение механических свойств стали

Вид изделия	Механические свойства			
	Отпуск при 300°С		Отпуск при 400°С	
	$\sigma_b$ , МПа	НВ	$\sigma_b$ , МПа	НВ
Арматура $\varnothing=11$ мм	548	156	530	159
Арматура $\varnothing=14$ мм	1215	346	764	217
Арматура $\varnothing=16$ мм	1264	359	797	226
Арматура $\varnothing=18$ мм	1258	300	1040	297

После отпуска при 300 °С и 400 °С арматуру из стали 25Г2С можно использовать в качестве гибкой для предварительно напряженных конструкций, а арматуру из стали 35ГС можно применять как высокопрочную (класс А-V), напрягаемую стержневую.

После закалки образцы из обеих сталей удовлетворяют по механическим свойствам требования для применения их как высокопрочных, напрягаемых стержневых арматур, но необходимо учитывать остаточные напряжения по сечению изделия. Закалку для стали 35ГС рекомендуют осуществлять в масло, т.к. после закалки в воду на образце были образованы трещины.

При проведении отпуска при более высоких температурах (500 и 600 °С), то получаемые механические свойства удовлетворяют требованиям для использования такой арматуры в качестве гибкой, для предварительно напряженных конструкций.