

### Исследование влияния нормализации бесшовных труб после прокатки на механические свойства (РУП «БМЗ»)

Студентка гр.104513 Путеева А.С.  
Научный руководитель – Пучков Э.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время на РУП БМЗ осваивается технологический процесс производства бесшовных труб для машиностроительной промышленности наружным диаметром от 21,3 до 168,3 мм с толщиной стенки от 2,3 до 32,0 мм; из стали .St52 (С345).

Таблица 1-Химический анализ St 52, № плавки300092

№ проб	C	SI	MN	P	S	CR	NI	CU
82	0,1654	0,4560	1,3344	0,0147	0,0175	0,1594	0,1325	0,1950
81	0,1620	0,4663	1,3336	0,0152	0,0178	0,1588	0,1330	0,1980
83	0,1550	0,4545	1,3456	0,0141	0,0162	0,1592	0,1328	0,1952
49	0,1650	0,4791	1,3339	0,0155	0,0172	0,1596	0,1275	0,1917
46	0,1650	0,4800	1,3340	0,0157	0,0168	0,1582	0,1265	0,1946
	AL	AS	SB	TI	MO	SN	V	
82	0,0323	0,0071	0,0007	0,0044	0,0256	0,0075	0,0051	
81	0,0314	0,0073	0,0012	0,0044	0,0253	0,0078	0,0049	
83	0,0321	0,0067	0,0006	0,0031	0,0259	0,0073	0,0049	
49	0,0320	0,0071	0,0023	0,0060	0,0256	0,0076	0,0054	
46	0,0301	0,0080	0,0030	0,0064	0,0257	0,0081	0,0056	

В ряде случаев по требованию заказчиков к трубам предъявляются механические свойства, не обеспечиваемые после прокатки. Поэтому возникла необходимость в исследовании влияния термической обработки на механические свойства материала труб.

Исследовано влияние нормализации труб после прокатки на механические свойства.

Для исследования были предоставлены образцы труб 168,3\*24 мм. после прокатки, которые были подвергнуты нормализации.

Механические свойства после прокатки и после нормализации представлены в таблице 2.

Таблица 2-Механические свойства

Сос-тоя-ние образцов	Ма рка ст	Плавка	$\sigma_{0.2}$ МПа	$\sigma_b$ МПа	$\frac{\sigma_b}{\sigma_{0.2}}$	$\delta, \%$	Т испытаний, °С	Дл. после раз- рыва, мм	Нач. Расч длин на, мм	Толщина стенки, мм	Размер трубы нар. Диаметр ,мм
После прокатки	St 52	300092	329	523	1,589	32,2	Ок.ср	33,1	25	24	168,3
Нормал.			409	550	1,344	34	Ок.ср	33,5	25	24	168,3
После прокатки			252	510	2,023		+400		25	24	168,3
Нормал.			245	544	2,22		+400		25	24	168,3

Статические испытания проводились на образцах после прокатки и после нормализации при температуре окружающей среды и при температуре 400°С.

При температуре окружающей среды после прокатки предел прочности увеличился с 523 Н/мм<sup>2</sup> до 550 Н/мм<sup>2</sup>.

При температуре 400°C. после прокатки предел прочности увеличился с 510 Н/мм<sup>2</sup> до 544 Н/мм<sup>2</sup>.

Нормализация бесшовных труб из стали St52 (S345) № плавки 300092 проводилась по следующему режиму:

Трубы в печи нагревают до температуры 900-920 °С в течении определенного времени в защитной атмосфере и охлаждают на воздухе

Ускоренное охлаждение на воздухе приводит к распаду аустенита при более низких температурах, что повышает дисперстность феррито цементитной структуры и увеличивает количества перлита. В результате повышается прочность нормализованной стали.

Значения ударной вязкости (KCV) после прокатки и после нормализации представлены для стали St52 (S345) № плавки 300092 на рис1 Образцы для испытаний вырезают из материала труб. Образец должен быть длиной 55 мм, иметь квадратное сечение с длиной сторон 10 мм. В центре образца делается V – образная прорезь.

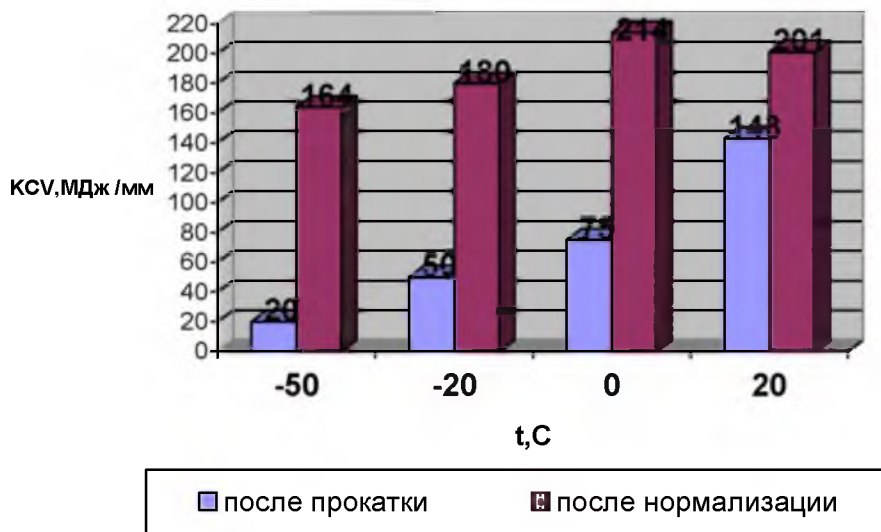


Рис. 1 - Диаграмма зависимости ударной вязкости от температуры испытания.

Из диаграммы состояния видим, что с уменьшением температуры, значения ударной вязкости после нормализации, возрастают в 3-8 раз в зависимости от температуры проведения испытаний.

Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию горячекатаной стали и измельчает структуру полученную при прокатке.

Этим объясняется повышение сопротивления хрупкому разрушению, снижение порога хладноломкости и повышение работы развития трещины. По-видимому чем мельче зерно, тем больше суммарная межзеренная граница и тем меньше концентрация вредных примесей на границах зерен, в первую очередь примесей внедрения, таких, как, азот, кислород

Одним из основных требований, обеспечивающих низкий порог хладноломкости является низкое содержание вредных примесей: не более 0.025% S и не более 0.025% P. При малом количестве углерода вредные примеси концентрируются вблизи межзеренных границ, а при содержании их выше предела растворимости выделяются в виде избыточных фаз по границам зерен. Это ведет к ослаблению межзеренной связи и повышению порога хладноломкости.

Наличие в стали содержания в небольших количествах Ni понижает порог хладноломкости, а содержание в стали Si и Mn обеспечивает сквозную прокаливаемость, что так же ведет к снижению порога хладноломкости.

После прокатки действительное зерно по ASTM E112 FFA 7,5 балла, отдельные зерна 6 балла (рис. 2), после нормализации 8,5 балла (рис. 3). На нормализованном образце у поверхности выявлен участок зерна 7 балла (рис. 4)

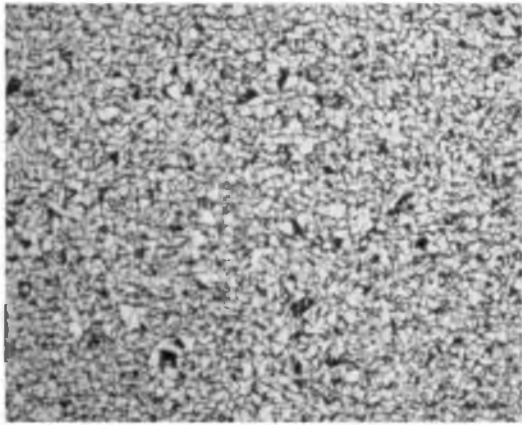


Рис.2 - Действительное зерно по ASTM E112 7,5 балла, \*100.

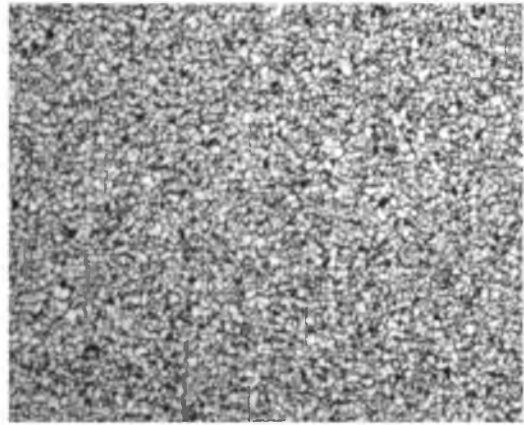


Рис. 3 - Действительное зерно по ASTM E112 8,5 балла, \*100.

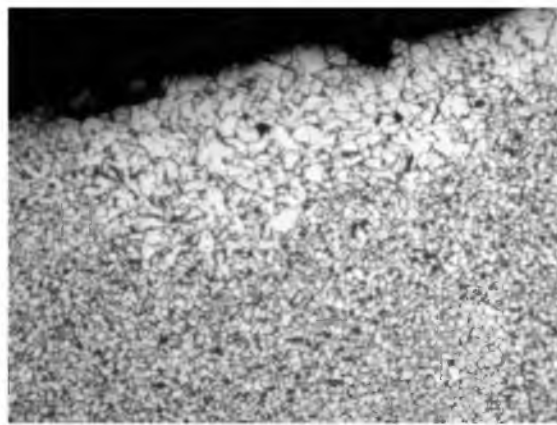


Рис.4 - Отдельный участок у поверхности 7 балла, \*100.

Надежность бесшовных труб для машиностроительной промышленности наружным диаметром от 21,3 до 168,3 мм с толщиной стенки от 2,3 до 32,0 мм; из стали .St52 (C345), эксплуатируемых при низких температурах в значительной степени определяется хладноустойкостью используемых материалов. Важнейшей характеристикой для таких сталей является ее высокая вязкость и сопротивление хрупкому разрушению при низких температурах. Сопротивление стали хрупкому разрушению зависит от ее структурного состояния, определяющее влияние оказывает состав стали, величина зерна, структура, полученная в результате обработки, наличие и количества вредных примесей (S, P и др.)