

ПРОКАТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОЦЕССА ПИЛИГРИМОВОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

ОАО « Нижнеднепровский трубопрокатный завод»

Исследовано качество прокатного инструмента (дорнов) основных украинских поставщиков. Показано, что качество и стойкость дорнов зависит от химического со-става, механических свойств и условий эксплуатации, и может быть определяющим при расчете технико-экономических показателей работы трубопрокатного агрегата.

Дорн – один из основных технологических инструментов при производстве труб на пильгерстане. Техничко-экономические показатели процесса пилигримовой прокатки определяются, в том числе и стойкостью, и расходом дорнов. Дорны работают в сложно-напряженных условиях эксплуатации, так как подвержены воздействию динамических нагрузок при температуре прокатки и последующему интенсивному охлаждению. Ранее (в СССР) для изготовления дорнов применяли сталь 50ХН (СД-1) которая в то время удовлетворяла потребности производства [1]. На дорнах из этой стали была достигнута стойкость около 1000 проходов (количество проходов, в данном случае, равно количеству прокатанных гильз). Позднее, в связи с расширением сортамента и увеличением объема производства труб с тонкими стенками произошло существенное снижение стойкости до 200–600 проходов.

С вводом в эксплуатацию, на нашем заводе, трубопрокатной установки 5–12", с внестановой зарядкой дорнов в гильзы, возникла необходимость поиска более тепло-износостойких материалов для изготовления прокатного инструмента. Были внедрены новые марки сталей, такие как 35ХМ, 45ХГМА. Но в связи с возросшим объемом производства высокопрочных и обсадных труб на ТПА 5–12" трубопрокатного цеха № 4, стойкость дорнов, из стали 35ХМ, в настоящее время ниже требуемой.

При производстве труб малого диаметра с тонкими стенками (например 164 × 6,3...7,1мм) увеличение степени деформации и продолжительности температурно-силового воздействия на инструмент деформации (дорн), приводит к значительному снижению стойкости. Попытка замены дорновой стали 35ХМ на сталь 25Х2М1Ф (СД-2) без термического упрочнения не привела к положительным результатам.

В ОАО «НТЗ» проведены исследования дорнов собственного производст-ва из сталей 40Г2Ф, 38ХГ2МФШ и 28ХГМФ. Дорны из стали 40Г2Ф показали неудовлетворительную стойкость – 100...120 проходов, из стали 38ХГ2МФШ–550–620, а из стали 28ХГМФ–600...650 проходов,

при прокатке труб размерами 365×20мм. Проводился также поиск более дешевых марок сталей с хорошей обрабатываемостью и удовлетворительной стойкостью дорнов.

Детальный анализ условий работы дорнов был выполнен в работе [2], который позволил рекомендовать для изготовления дорнов малоуглеродистую низколегированную сталь марки 20ХМА, обладающую повышенным сопротивлением термической усталости и меньшей склонностью к хрупкому разрушению. По данным авторов стойкость дорнов из стали 20ХМА в 2–4 раза превышает стойкость дорнов из стали СД–1. Аналогичные результаты были получены при исследовании дорнов из сталей марок 25Х3М1 и 25Х3М1ФА [3]. При этом, в данной работе показано, что существенное влияние на качество дорновой стали оказывает не только химический состав, но и качество выплавки, схемаковки и режимы термической обработки заготовок.

Средняя стойкость дорнов из стали 25 Х3М1Ф поставки завода «Большевик» в условиях Челябинского трубопрокатного завода (ЧТПЗ) составила 2000 шт. прокатанных гильз, в то время как стойкость дорнов из этой же стали поставки завода «Баррикады», 1100–1800 шт. прокатанных гильз. Стойкость дорнов из стали 25Х2М1Ф поставки Южно-Уральского металлургического завода (ЮУМЗ) составила от 230 до 2260 шт. прокатанных гильз. Таким образом стали марок 25Х3М1Ф и 25Х2М1Ф, при соответствующей доводке уровня металлургического передела, в состоянии обеспечить необходимый комплекс механических свойств и высокий уровень стойкости дорнов в процессе эксплуатации.

С учетом накопленного практического опыта, а также по данным из лите-ратуры [4], стоимость инструмента, несмотря на массовость его изготовления, достаточно высока и затраты на него составляют заметную часть всего пере-дела. Уменьшение расхода инструмента путем повышения его стойкости дает не только снижение себестоимости труб, но и улучшает другие показатели работы агрегата: повышение стойкости дорнов, увеличение срока их службы до списания, повышение качества труб и снижение потерь от брака.

При производстве отдельных видов труб стойкость инструмента может иметь решающее значение в организации серийного производства. Высокая стойкость инструмента – основное требование, которого в принципе можно добиваться любыми технически реальными и экономически оправданными средствами. Исходя из вышеизложенного, можно считать экономически оправданным применение для производства дорнов таких марок сталей как 40Г2Ф, 38Г2МФШ и 28ХГМФ для прокатки труб больших размеров (11...14") с толстыми стенками, однако при производстве труб малых размеров с тонкими стенками, например 164×6,3...7,1мм [5], целесообразно применение для производства дорнов теплостойких, износостойких сталей, таких как 25Х3М1Ф и 25Х2М1Ф (СД–2), ГОСТ 20072–74, сталь теплоустойчивая.

Качество металла в состоянии поставки исследовали на подготовленных образцах. Химический состав исследованных заготовок представлен в табл.1. Как видно из таблицы 1 химический состав исходных заготовок удовлетворяет требованиям ГОСТ4543–71 для стали 35ХМ и ГОСТ 20072–74 для стали 25Х2М1Ф. Макроструктура металла заготовок в состоянии поставки –удовлетвори-тельная (рис.1). Микроструктура исходной заготовки в термообработанном состоянии (закалка+отпуск) приведена на рис.2 .



Рис.1 Макроструктура дорновой заготовки из стали 35ХМ ($\times 1$).



Рис.2. Микроструктура металла дорновой заготовки из стали 35ХМ ($\times 500$).

В процессе прокатки труб размерами 273,1 $\times$ 7,1мм на пильгерстане наблюдали случаи выхода из строя, вследствие разрушения или потери геометрических размеров дорнов диаметром 264/265мм из стали 35ХМ и 215/216мм, из стали 25Х2М1Ф производства Краматорского завода «Энергомашспецсталь». Визуальным осмотром было установлено, что дорн из стали 35ХМ вышел из строя по причине потери геометрических размеров (образования утонения в диаметре) рабочей части. Были изготовлены образцы для контроля химического состава, механических свойств и металлографического исследования стали. Химический состав материала исследованного дорна, приведен в табл.1, удовлетворяет требованиям ГОСТ 4543–71 для стали 35ХМ. Механические свойства исследованного дорна удовлетворяют требованиям ГОСТ8479–70 для поковок диаметром 100–300мм стали 35ХМ в термически обработанном состоянии (табл.2).

Металлографическими исследованиями выявлено наличие в структуре стали неметаллических включений: сульфиды и силикаты, ГОСТ 1778–70, которые в зависимости от размеров и формы [6], могут оказывать негативное влияние на эксплуатационную стойкость дорнов.

Табл.2. Механические свойства металла дорна

Таблица 2		Механические свойства стали исследованного дорна				
№ п/п	Марка стали	Предел прочн. σ_B , МПа	Предел текуч. σ_T , МПа	Отн. удли. $\delta_{5\%}$	Уд. вязкость a_n , КСУ Дж/см ²	Твердость ед. НВ
1	Образец	624	470	20	70	191
	35ХМ поковки Ø 100–300мм ГОСТ 8479–70	н е м е н е е				187–229
		615	395	15	54	

Макроструктура – удовлетворительная. Микроструктура представляет собой феррито–перлитную смесь и соответствует состоянию стали после термо–обработки (закалка + отпуск). Таким образом, причиной потери геометрических размеров дорна диамет–ром 264/265мм является низкая теплостойкость стали 35ХМ.

При прокатке тонкостенных труб резко возрастает нагрузка на инструмент деформации поэтому желательно использовать дорны из теплостойкой стали. Срок службы дорна до списания определяется его стойкостью (количеством гильз прокатанных на одном дорне), которая учитывается в тоннах, метрах, штуках или в кг. расхода инструмента на тонну выпускаемой продукции.

Стойкость при температуре прокатки зависит от многих факторов, основными из которых являются качество инструмента и условия его эксплуатации. Как сказано выше, на пильгерстане ТПЦ–4, наблюдали случаи разрушения дорнов диаметром 215/216мм, при прокатке труб по месту фрезеровки паза под дорновой замок .

Визуальным осмотром места излома установлено, что разрушение произошло по месту фрезеровки паза для дорнового замка, а по внешнему виду излом имеет характер хрупкого разрушения (рис.3).



Рис.3. Поперечный излом дорна 215/216 мм из стали 25Х2М1Ф (×1).

Химический состав дорна, приведенный в табл.1, соответствует (с учетом допусковых отклонений) требованиям ГОСТ 20072–74 для

стали 25X2M1Ф. Из таблицы 3 видно, что механические свойства металла разрушившегося дорна не соответствуют требованиям ГОСТ20072–74 по сужению, ударной вязкости и твердости поверхности. Макроструктура стали исследованного дорна удовлетворительная.

Табл.3. Механические свойства стали исследованного дорна

Таблица 3	Механические свойства стали исследованного дорна					
Марка стали	Предел прочн. $\sigma_{в.,}$ МПа	Предел течуч. $\sigma_{т,}$ МПа	Относит. удлин. $\delta,$ 5% %	Относ. ит суж. $\phi,$ %	Твер- дость ед. НВ	Уд. вязк. $a_{н, кси}$ $Дж/см^2$
Образец	1236	1010	12,0	37,5	400	0,9
25X2M1Ф ГОСТ 20072–74	800	680	12,0	50,0	н. б. 229	5

Исследованием на нетравленных шлифах выявлены скопления неметаллических включений: – сульфиды 1 балла, ГОСТ 1778–70, (рис.4); – пластичные силикаты, ГОСТ 1778–70, (рис.5); – шлаковые включения. Микроструктура представляет собой верхний бейнит, что свидетельствует о нарушении режима термической обработки дорна.

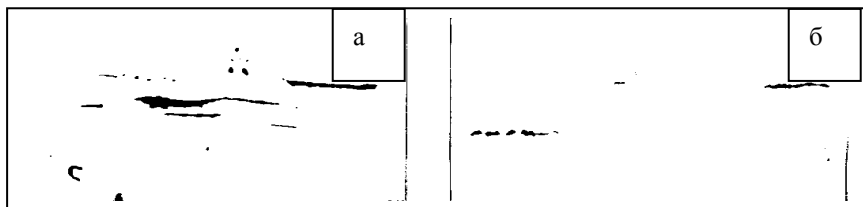


Рис.4. $\times 100$ Неметаллические включения в дорновой стали 25X2M1Ф.
(а–сульфиды; б–силикаты)

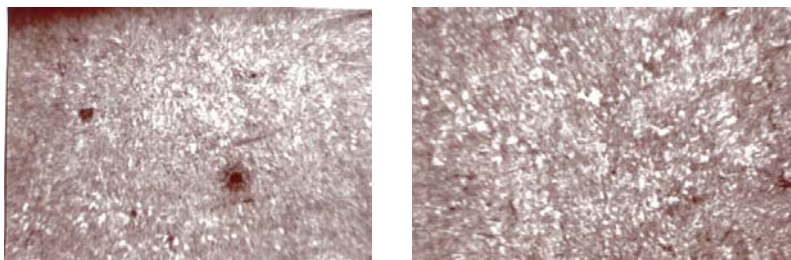


Рис.5. $\times 100$ Микроструктура дорновой стали 25X2M1Ф
(а–поверхность; б–центр)

Причиной разрушения дорна в процессе прокатки является нарушение технологии термообработки при его изготовлении. В технологическом управлении (ЦЗЛ) исследованы дорны размерами 6,8, 10 и 12" из сталей марок 25Х1М1Ф, 45ХГМА и 35ХМ производства Сумского НПО им.Фрунзе (завод утяжеленных бурильных и ведущих труб) и Краматорского завода «Энергомашспецсталь», разрушившиеся в процессе прокатки труб. Химический состав контрольных образцов и требования нормативно–технических документов представлены в табл.4.

Как видно из приведенных данных, химический состав исследованных дорнов из стали 25Х1М1Ф не соответствует требованиям ГОСТ 20072–74 по кремнию, никелю, молибдену и хрому. Дорны из сталей 45ХГМА и 35ХМ имели химический состав удовлетворяющий требованиям ТУ26–12–811–90 и ГОСТ 4543–71.Механические свойства материала разрушившихся дорнов приведены в табл.5

Табл.5 Механические свойства материала разрушившихся дорнов

Таблица 5 Механические свойства стали исследованных дорнов						
Марка стали	Предел прочн. σ_B , МПа	Предел течуч. σ_T , МПа	Отн. удл–е $\delta_{5\%}$	Отн. суж. $\Psi, \%$	Уд–я язкость a_n КСУ Дж/см ²	Твер– дость ед. НВ
Образцы	1160	1050	12,5	43,0	15	383
	1140	1020	10,5	40,0	12	382
	1120	1000	9,5	40,5	11	373
25Х1М1Ф ГОСТ 20072–74	н е м е н е е					не более 321
	930	730	10	40	49	
Образец	1010	980	12	40	13	370
45ХГМА ТУ26–12– 811–90	830	660	13	–	55	285– 341
Образец	640	490	19	44	26	292
35ХМ Поковки Ø 100– 300мм ГОСТ847 9–70	н е м е н е е					187– 229
	620	390	15	–	54	

Из таблицы 5 видно, что механические свойства дорнов не соответствуют требованиям нормативно–технических документов по ударной вязкости и твердости поверхности.

Макроструктура дорнов диаметром 6, 10 и 12" , разрушившихся вследствие поперечного излома – неудовлетворительная. Металл поражен пятнистой ликвацией 3 балла, шкала 3, ГОСТ 10243–75,. Дорна диаметром 8" имеют удовлетворительную макроструктуру.

Исследованием на нетравленных шлифах выявлены скопления неметал–лических включений:

- хрупкие силикаты 3 балла, ГОСТ 1778–70 (рис.6);
- строчечные сульфиды 3 балла, ГОСТ 1778–70 ;
- оксиды, ГОСТ 1778–70.

Микроструктура представляет собой бейнито–мартенситную смесь, что свидетельствует о нарушении технологии термической обработки при изготов–лении дорнов (рис.6).

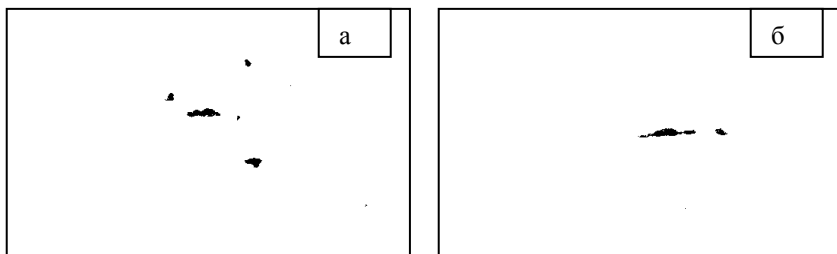


Рис.6.×100 Неметаллические включения в дорновой стали 25Х1М1Ф.
(а–сульфиды; б–силикаты)

Повышенная твердость и неудовлетворительная ударная вязкость материала дорнов являются причиной разрушения их в процессе прокатки труб на пильгерстане.

Табл.6 Средняя стойкость дорнов двух основных поставщиков.

Завод–изготовитель	Средняя стойкость дорнов (шт./гильз)		
	Марка стали	Размер дорна	Стойкость шт./гильз
«ЭМСС» —//— СМНПО им. Фрунзе —//— —//—	35ХМ	12"	650
	25Х2М1Ф	10"	862
	—//—	6"	720
	—//—	6"	987
	45ХГМА	8"	853
	25Х1М1Ф	8"	874

Как видно из таблицы 6 наилучшие показатели по стойкости имеют дорна из стали 25Х2М1Ф производства СМНПО им.Фрунзе. Дорна из той же стали 25Х2 М1Ф производства «ЭМСС» имеют меньшую стойкость по причине за-грязненности стали неметаллическими включениями. Необходима доработка технологии сталеплавильного передела на заводе «Энергомашспецсталь»

Выводы.

Требуемые химический состав, механические свойства и стойкость дорнов могут быть обеспечены (при соответствующей доработке металлургического передела) технологией существующей на заводах «Энергомашспецсталь», г.Краматорск и СМНПО имени Фрунзе г.Сумы.

При прокатке труб малых диаметров с тонкими стенками (например 164×6,3...7,1мм) целесообразно применение дорнов из теплостойкой стали 25Х2М1Ф. Качество прокатного инструмента может быть решающим при определении технико-экономических показателей работы трубопрокатного агрегата.

1. *Вдовин Ф.В.* Изыскание материалов стойких против износа при высоких температурах в условиях работы инструмента, в производстве цельнокатаных труб. Отчет ВНИТИ, 1971г., №34.
2. *Мельниченко И.Ф. и др.* Выбор марки стали и режима термической обработки для дорнов пильгерстанов диаметром 11–12 дюймов и внедрение полученных результатов в производство. Отчет ВНИТИ по теме: 254–88, 1972г.
3. *Белошапко М.В.и др.* Разработка технологии получения дорнов повышенной износостойкости и внедрение их в производство на ЧТПЗ. Отчет ВНИТИ по теме: 541–73–2, 1975г.
4. *Данилов Ф.А., Глейберг А.З., Балакин В.Г.* Горячая прокатка и прессование труб. М. «Металлургия», 1972, с.545.
5. *Солосин А.М.* Исследование качества дорнов–инструмента для пилигри–мовой прокатки труб. «Металлургическая и горнорудная промышленность», 2002, №1, с.55–57.
6. *Лунев В.В., Аверин В.В.* Сера и фосфор в стали. М. «Металлургия», 1988, 256 с.