

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Обычно высокоуглеродистые низколегированные стали применяют в качестве износостойких материалов. Износостойкость со значительной степенью надежности коррелирует с твердостью. Однако повышение твердости материалов отражается на ухудшении механической обрабатываемости деталей резанием. В промышленности часто сталкиваются с проблемами установления оптимального сочетания повышенных требований как к износостойкости, так и обрабатываемости резанием. В качестве примера можно привести бандажные четырехвалковых дробилок, применяемых на агломерационных фабриках для дробления кокса. Дробленый кокс предназначен для спекания доменного железорудного агломерата и должен иметь определенный фракционный состав, выход за пределы которого резко отражается на качестве агломерата и производительности агломерационной машины. Использование в шихте доменной плавки в основном агломерата и сравнительно небольшого количества железорудных окатышей интенсифицировало работу оборудования при производстве указанных компонентов доменной шихты.

Кокс при дроблении является абразивным материалом, через 2–3 суток работы износ поверхностей бандажей коксовых дробилок приводит к недопустимому для технологического процесса спекания изменению фракционного состава дробленого кокса. Поэтому через указанное время рабочие поверхности бандажей подвергаются механической переточке (рихтовке) непосредственно прямо на коксовой дробилке с помощью специального приспособления, находящегося на дробильном агрегате. При отсутствии на бандажах литейных дефектов они испытывают в процессе эксплуатации 20–30 механических переточек и после 2–3 месяцев работы заменяются новыми. Таким образом, длительность работы бандажей определяется продолжительностью их работы между переточками и общим количеством этих переточек. Замена бандажей является длительной и трудоемкой операцией, вызывает нежелательные простои всего агломерационного комплекса, поэтому важно увеличить продолжительность их срока службы. Это актуализирует вопросы повышения износостойкости материала бандажей с одновременной необходимостью хотя бы сохранения

уровня обрабатываемости, характерной для используемых традиционных материалов.

В качестве материалов для бандажей применялись стали 45Л–55Л и графитизированная сталь состава: 1,0–1,3 % С; 1,0–1,3 % Si; 1,0–1,3 % Mn; менее 0,35 % Cr, серы и фосфора не более 0,06 %. Указанные марки стали не отвечают предъявляемым требованиям как по износостойкости в первом случае, так и по технологическим соображениям во втором (повышенная склонность к образованию горячих и холодных трещин).

Поэтому были проведены комплексные исследования ряда высокоуглеродистых низколегированных сталей. Стали плавилась в кислой печи ИСТ-01, отливались образцы для испытаний на относительную износостойкость, обрабатываемость резанием, твердость и изучения особенностей микроструктуры. Полученные химические составы сталей, температуры заливки в песчаные сухие формы, режимы термической обработки образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав, температуры заливки и режим термической обработки опытных образцов

Марка стали	Содержание химических элементов, %						Температура заливки, °С	Режим отжига
	C	Si	Mn	Cr	S	P		
70Л	0,68	0,57	0,61	–	0,032	0,033	1530	При 830 °С 2 ч
85Л	0,86	0,59	0,56	–	0,032	0,033	1530	При 830 °С 2 ч
140Л	1,40	0,93	1,24	–	0,038	0,037	1450	При 900 °С 5 ч*
65ХЛ	0,64	0,27	0,72	0,80	0,034	0,021	1500	При 830 °С 2 ч
55ХЛ	0,52	0,26	0,65	1,62	0,035	0,026	1530	При 830 °С 2 ч
110ХЛ	1,08	0,22	1,31	1,50	0,027	0,027	1530	При 830 °С 2 ч
40ГЛ	0,39	0,41	1,24	–	0,028	0,024	1530	При 830 °С 2 ч
40ГСЛ	0,39	1,04	1,44	–	0,027	0,024	1530	При 830 °С 2 ч
55ГЛ	0,57	0,39	1,46	–	0,029	0,028	1530	При 830 °С 2 ч
55ГСЛ	0,55	1,28	1,61	–	0,031	0,016	1530	При 830 °С 2 ч

* Охлаждение вместе с печью в течение 45 мин до 850 °С, выдержка 1 ч. Охлаждение до 800 °С в течение 45 мин. Выдержка 1 ч. Охлаждение.

Испытание на относительную износостойкость осуществлялось на машине ХБ-4 [1]. За единицу износостойкости была принята износостойкость эталонного образца, изготовленного из пруткового отожженного армо-железа следующего химического состава: 0,23 % С; 0,1 % Si; 0,12 % Mn; 0,001 % S; 0,12 % P; 0,24 % Cr. Твердость прутков после отжига

составляла 90НВ. Износ образцов измерялся по уменьшению их объема при прохождении двадцатиметрового пути по абразивному материалу под постоянной нормальной нагрузкой равной 0,7 кг. В качестве абразива использовалась электрокорундовая шкурка Челябинского абразивного завода зернистостью 180. Относительная износостойкость образцов рассчитывалась по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_3}{\Delta l_0} \cdot \left(\frac{d_3}{d_0} \right)^2,$$

где Δl_3 – износ эталонного цилиндрического образца по длине, мм;

d_3 – диаметр эталонного цилиндрического образца, мм;

Δl_0 – износ исследуемого цилиндрического образца, мм;

d_0 – диаметр исследуемого цилиндрического образца, мм.

За износ исследуемых и эталонных образцов принимали среднее значение ε_{cp} по трем измерениям. При этом отклонения значений отдельных измерения не превышали 4 % в ту и другую сторону от среднего значения. Эти ошибки получались из-за погрешностей при измерении размеров образца и фиксирования продолжительности пробега установленного пути по абразивному материалу с помощью секундомера.

Испытания на относительную обрабатываемость резанием проводились на токарном станке методом торцевой обточки при скоростях резания до затупления режущей кромки резца. При этом использовались резцы из пластинок быстрорежущей стали P18 сечением $16 \times 25 \text{ мм}^2$ с твердостью 63HRC. Геометрия заточки этих образцов показана на рис. 1. Все резцы были из одной партии и изготовлены на Свердловском инструментальном

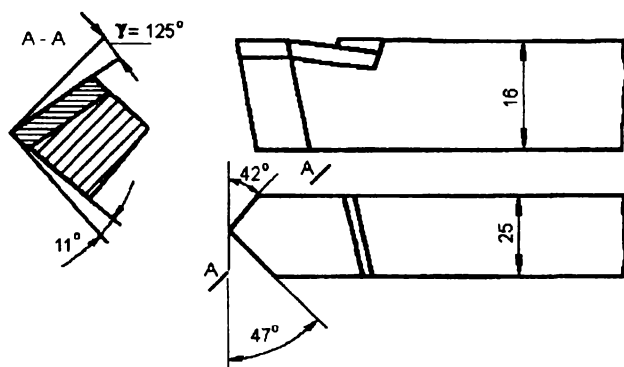


Рис. 1. Геометрия резца для проведения испытаний на обрабатываемость

заводе. За момент затупления режущей кромки образца в процессе испытания принималось появление на обрабатываемой поверхности стальной пробы блестящей полоски.

При проведении испытания заготовка, закрепленная в патроне токарного станка, подвергалась обточке по торцу на глубину $t=2$ мм с поперечной подачей резца $S=0,5$ мм/об от отверстия заготовки $D_0=30$ мм к ее периферии (наружный диаметр заготовки составлял 110 мм) при постоянном числе оборотов шпинделя до затупления образца (рис. 2).

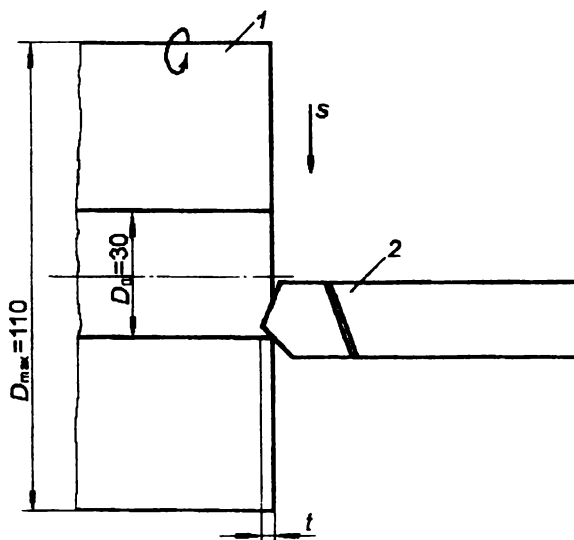


Рис. 2. Схема испытания на обрабатываемость:
1 – заготовка, прикрепленная к шпинделю; 2 – резец;
 t – глубина резания; s – направление подачи резца

Число оборотов шпинделя подбиралось таким образом, чтобы затупление резца происходило на первом проходе. Средняя скорость резания определялась по двум испытаниям при оборотах шпинделя n_1 и n_2 после измерения соответствующих диаметров D_1 и D_2 , на которых произошло затупление резцов. Скорость резания, при которой происходило затупление, рассчитывалась по формуле

$$V_{ni} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n_i}{1000}.$$

Твердость и особенности микроструктуры выявлялись на специальных пробах с использованием стандартного оборудования и методик. Результаты испытаний износостойкости, твердости и обрабатываемости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марка стали	Результаты испытаний					
	Твердость, НВ		Износостойкость		Обрабатываемость	
	Литая сталь	После отжига	Литая сталь	После отжига	Литая сталь	После отжига
70Л	264	240	1,84	1,39	17,73	24,81
85Л	229	229	1,99	1,47	27,05	28,06
140Л	295	255*	2,58	1,64	23,15	21,80
65ХЛ	261	237	2,52	1,50	18,23	25,38
55ХЛ	248	223	2,25	1,39	29,13	44,90
110ХГЛ	326	237	3,12	1,63	18,00	36,43
40ГЛ	228	202	1,63	1,28	—	—
40ГСЛ	260	229	1,83	1,39	—	—
55ГЛ	277	241	2,15	1,43	—	—
55ГСЛ	309	258	2,12	1,32	—	—

* - После отжига при 830 °С в течение 2 ч.

Из представленных в табл. 2 результатов очевидно, что наибольшего внимания по сочетанию свойств заслуживают марки сталей 55ХЛ, 65ХЛ, 110ХГЛ, 140Л. Сталь 140Л хотя и имеет хорошее сочетание свойств, но при изготовлении из нее бандажей возникают существенные трудности технологического характера, связанные со сложной термической обработкой и повышенной склонностью к образованию в отливках трещин.

Наилучшую износостойкость показали стали, микроструктура которых в литом состоянии состояла из зерен пластинчатого перлита. Хорошая механическая обрабатываемость у сталей 110ХНЛ и 55ХЛ, в микроструктуре которых после отжига был получен зернистый перлит. Эти стали обладают и наиболее высокими показателями относительной износостойкости, поэтому они были рекомендованы для отливки опытных бандажей, которые прошли испытания на Гороблагодатской и Высокогорской агломерационных фабриках с положительными результатами. При использовании бандажей из указанных марок сталей, как показали испытания, срок их службы увеличивается примерно в два раза.

Библиографический список

1. *Хрущев Н.М., Бабичев М.А.* Трение и износ в машинах. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 127 с.
2. *Можаяев С.С., Саромотина П.Н.* Скоростное и силовое точение сталей повышенной прочности. М.: Оборонгиз, 1957. 120 с.

**А.Г. Панчук,
Э.Б. Гофман,
Д.А. Черезов**

ВИБРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ОТЛИВОК, РАБОТАЮЩИХ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Обеспечение безаварийной работы нефте- и газопроводов в любых климатических условиях является важной экологически значимой задачей. Для обеспечения надежности и долговечности запорной арматуры трубопроводов необходимо повысить плотность металла таких отливок, исключить или свести к минимуму развитие ликвационных процессов, снизить в них содержание вредных газов и неметаллических включений. Одним из действенных способов, обеспечивающих необходимую однородность химического состава и структуры по сечению отливок, существенное улучшение механических показателей, является использование низкочастотной вибрации в процессе кристаллизации и охлаждения отливок.

Целью исследования является разработка технологии получения арматурных отливок нефте- и газопроводов с использованием вибрации в стационарных или динамических условиях производства для получения отливок с высокими эксплуатационными свойствами.

Проведенные авторами в течение ряда лет исследования влияния низкочастотной вибрации на теплофизические, физико-химические и реологические процессы, протекающие в жидком, затвердевающем и твердом металле, а также влияния этих процессов на физико-механические и эксплуатационные показатели готовых изделий, позволили получить новые результаты по влиянию вибрации на температуру и продолжительность затвердевания чистых металлов и сплавов. Были также изучены закономерности влияния параметров вибровоздействия на изменение жидкотекучести чистых металлов и