

ски не наблюдается, что также подтвердилось в опытах с шестикратным нагревом-охлаждением. Присадки олова и меди в исследованных концентрациях оказались менее эффективными. Дилатограммы образцов, микролегированных медью и оловом, а также модифицированных ферросилицием, характеризуются приращением остаточных деформаций за каждый цикл, что свидетельствует о незатухающем характере процесса графитизации чугуна при циклических нагревах.

Учитывая результаты экспериментов, изготовили опытную партию цилиндрических изложниц из перлитного чугуна, микролегированного 0,15% Sb, которые испытали при литье гильз цилиндров центробежным способом на Костромском заводе "Мотордеталь". Опытные кокили показали в 2 раза большую стойкость по сравнению с серийными кокилями из нелегированного серого чугуна с пластинчатым графитом.

УДК 669.14.018.25

Н.С.Траймак, канд. техн. наук,
М.В.Ситкевич, канд. техн. наук (БПИ)

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЛИТЫХ И ДЕФОРМИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

В настоящей работе исследовался ряд широко распространенных инструментальных сталей. Термообработка их как в литом, так и в деформированном состоянии осуществлялась по режимам, рекомендованным литературой и заводской практикой. Литой вариант получен путем переплавки ковеного инструмента с расчетным добавлением на угар легирующих элементов.

Условия испытаний на износ обеспечивали моделирование температурного состояния поверхностных слоев в зоне контакта образец-контртело. Скорость скольжения принята равной 0,42 м/с, что входит в интервал скоростей течения металла при прессовании. В качестве контртела принята отожженная сталь 25ХГТ.

В условиях окислительного износа высокую износостойкость имеют стали типа 5ХНМ, причем теплостойкие типа 5ХЗВЗМФС им уступают (табл. 1). Износостойкость быстрорежущих сталей наиболее высокая. При этом определяющим для них является твердость основы, тип и количество карбидных включений.

Таблица 1. Износостойкость инструментальных сталей

№	Марка стали	Износ, г/см ² км					
		Температура в зоне трения, °С					
		200		500		700	
		литая	кованая	литая	кованая	литая	кованая
1	7ХЗ	0,096	0,23	0,21	0,41	2,58	2,31
2	5ХВГ	0,032	0,029	0,37	0,62	1,82	1,95
3	5ХНСВ	0,035	0,033	0,32	0,40	1,65	1,87
4	5ХНМ	0,024	0,023	0,28	0,48	1,69	2,05
5	5ХНВ	0,031	0,032	0,43	0,59	2,15	2,37
6	4ХСМФ	0,058	0,024	0,35	0,45	0,87	1,70
7	4ХСМНФЦР	0,038	0,022	0,30	0,40	0,74	1,42
8	4Х5МФС	0,015	0,02	0,24	0,47	0,70	1,13
9	5ХЗВЗМФС	0,021	0,039	0,17	0,32	0,47	1,05
10	3Х2В8Ф	0,027	0,042	0,24	0,31	1,19	1,00
11	Р6М5	0,006	0,019	0,03	0,08	0,21	0,17
12	Р6М5К5	0,003	0,006	0,07	0,12	0,18	0,25
13	Р18	0,009	0,005	0,005	0,13	0,23	0,19

Для штамповых сталей исходный уровень твердости имеет второстепенное значение. Определяющим является количество легирующих элементов, обладающих высоким сродством к кислороду и образующих на поверхности трения прочные окисные соединения.

Износостойкость штамповых сталей в значительной мере определяется типом карбидов, их твердостью и количеством. Наличие в структуре стали твердых карбидных включений увеличивает сопротивление тепловому износу. Так, сталь 7ХЗ благодаря присутствию в структуре карбидов типа M_7C_3 имеет более высокую износостойкость, чем 5ХНМ. Износостойкость стали 7ХЗ ниже, чем 5ХЗВЗМФС, хотя общее количество карбидов у них практически равно. Основным карбидом теплостойкой стали является МС, который и определяет высокую ее износостойкость.

Литые стали всех марок в этих условиях испытаний более износостойки, чем кованые (табл. 1). Среди штамповых сталей лучшие показатели имеет литая 5ХЗВЗМФС, среди быстрорежущих - Р6М5.

В условиях интенсивного смятия поверхностных слоев взаимодействуют процессы упрочнения и разупрочнения металла, структурные превращения, возрастает роль схватывания. Вырванные при этом частицы металла высокой твердости (деформационное упрочнение) усиливают абразивное воздействие. Быстрорежущие и теплостойкие штамповые стали сохраняют повышенную износостойкость в сравнении с другими марками. При этом установлено наличие на поверхностях трения сталей, особенно литых, окисных структур. Являясь своеобразной смазкой, они вносят свою долю в повышение износостойкости.

Необходимо отметить, что износостойкость литых быстрорежущих сталей, а также, как показали испытания, и сталей типа 7ХЗ и 3Х2В8Ф ниже, чем кованных. Ликвационная неоднородность, наиболее характерная для сталей такого типа, является причиной появления процессов выкрошивания, снижающих износостойкость. Кроме того, незначительное содержание хрома в сталях снижает защитную роль окисных структур.

Сопоставление результатов износа с микроструктурами показывает, что интенсивному износу соответствует повышенная деформация поверхностных слоев. Глубина их в отдельных случаях достигает 1 мм (5ХНМ). При этом литые стали более структурно устойчивы в очаге трения.

Измерением микротвердости установлено, что как у литых, так и кованных образцов у поверхности трения появляются зоны повышенной твердости (рис. 1). Значения ее колеблются в пределах 10–12 ГПа. При этом, как правило, для литого металла характерна более высокая твердость упрочненной зоны.

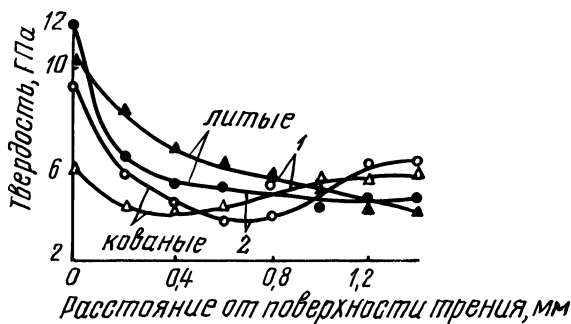


Рис. 1. Твердость поверхностных слоев инструментальных сталей 4ХСМФ (1), 5ХЗВЗМФС (2) после испытаний на износ при давлении $35 \cdot 10^6$ Па.

Уровень твердости литых полутеплостойких сталей типа 5ХНМ выше на протяжении всего интервала измерения. Аналогичный характер изменения твердости имеет сталь 7ХЗ. Это свидетельствует об увеличении сопротивляемости деформированию литых сталей.

Износостойкость литых сталей объясняется соотношением зон упрочнения и разупрочнения, а также уровнем их твердости в сравнении с коваными. Причиной высокой твердости зон упрочнения являются процессы деформационного упрочнения или $\alpha - \gamma$ -превращений. При этом обнаружены процессы дисперсионного твердения в упрочненной зоне.

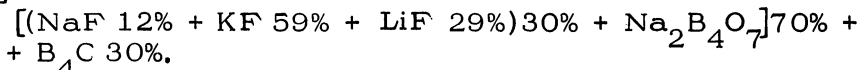
Установлено, что дисперсионное твердение является причиной высокой твердости упрочненной зоны литых сталей типа 5ХЗВЗМФС, а совместно с закалкой поверхностных слоев в результате $\alpha - \gamma$ -превращения - литых сталей типа 4ХСМФ. Наиболее благоприятным оказывается легирование литых сталей хромом, вольфрамом, молибденом, цирконием (ванадием). Из исследуемых такое сочетание элементов имеет сталь 4ХСМНФЦР.

УДК 621.785.3

Л.А.Бондарь, канд. техн. наук,
Л.А.Васильев, канд. техн. наук (БПИ)

ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ ПРИ БОРИРОВАНИИ

В работе исследовалась возможность повышения ударной вязкости и прочности диффузионно-упрочненных сталей 45 и У8 за счет применения термоциклической маятниковой обработки. Циклирование должно осуществляться в соответствующем температурном интервале: ниже A_{r1} - выше A_{c1} . В связи с этим было выбрано низкотемпературное жидкостное безэлектролизное борирование, которое проводилось в ванне следующего состава [1]:



Приведенный состав обладает жидкотекучестью, позволяющей проводить термоциклирование в интервале температур от 650°С до 840°С. Борирование осуществлялось в керамических тиглях при термоциклических режимах (3, 5 и 7 циклов) и при постоянной температуре. Время одного цикла составляет 30 мин.