

нения являются кристаллографические плоскости (111), (100) и (110). Ясно, что с ростом толщины слоя (с увеличением времени и температуры осаждения) совершенство текстуры должно расти.

Но, видимо, осаждение карбидов и нитридов все-таки процесс более сложный и не всегда соответствует изложенному выше механизму. При осаждении на тех же подложках и при близких температурно-временных режимах нитрида титана TiN, имеющего такую же структуру и близкий период решетки ( $a_{\text{TiC}} = 4,300\text{кХ}$   $a_{\text{TiN}} = 4,232\text{кХ}$ ), текстура слабо выражена, хотя следовало ожидать данных, аналогичных карбидному покрытию.

УДК 669.14.018.258–155.3

*Л.А.Бондарь, О.Н.Розина, Т.В.Короткая*

### ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

В работе исследовалось влияние режимов азотирования на микротвердость, теплостойкость и износостойкость штамповых сталей для горячего деформирования. Исследование проводилось на образцах из теплостойкой стали 5ХЗВЗМФС (ДИ-23), полутеплостойкой стали 5ХНМ и новой штамповой стали 4ХСНМФЦР (ЦР).

Газовое азотирование велось по двум режимам: одноступенчатое (520<sup>0</sup>С, 40 ч) и двухступенчатое (520<sup>0</sup>С, 6 ч). До химико-термической обработки образцы подвергались улучшению. После азотирования проводилось охлаждение образцов на воздухе или вместе с печью.

Как показал дюрометрический анализ, максимальную твердость при минимальной глубине имеют азотированные слои наиболее легированной стали ДИ-23. Несколько ниже микротвердость этих слоев у стали ЦР. Минимальная твердость при максимальной глубине слоев у стали 5ХНМ (рис. 1, а, б, в, г).

Металлографический и дюрометрический анализы штамповых сталей, азотированных по разным режимам, показал, что при двухступенчатом режиме за время, меньшее в 2 раза, чем при одноступенчатом режиме, толщина слоя больше, но твердость несколько меньше. Охлаждение с печью при прочих равных условиях приводит к некоторому уменьшению микротвердости сталей ДИ-23 и ЦР. Некоторое повышение твердости происходит при увеличении скорости охлаждения после азотирования (Охлаждение на воздухе.)

Исследование теплостойкости показало, что понижение температуры азотирования (переход от двухступенчатого режима к одноступенчатому) ведет к повышению теплостойкости для всех 3 марок сталей.

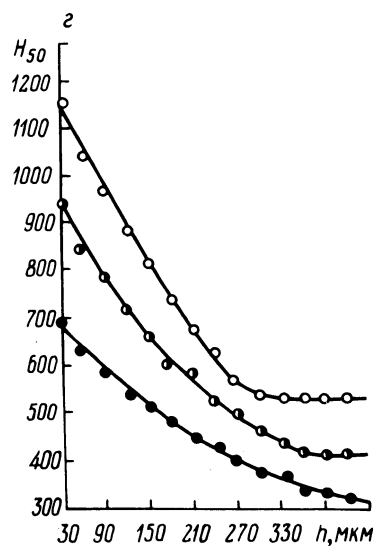
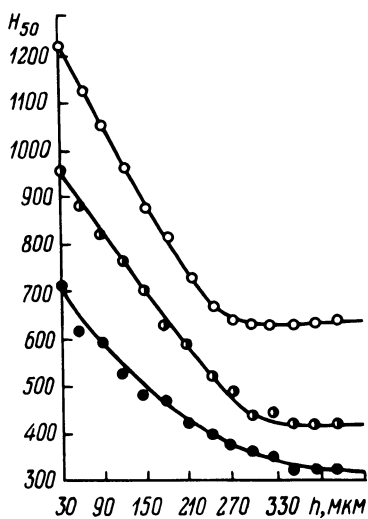
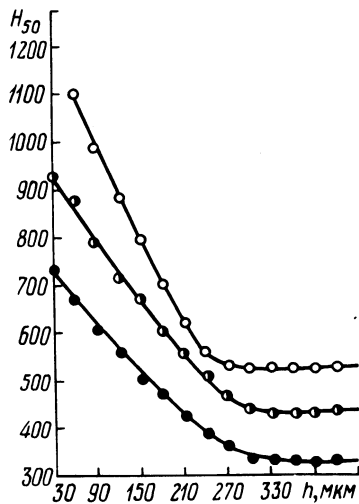
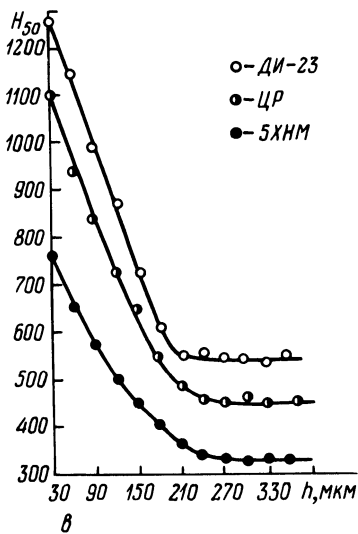


Рис. 1. Микротвердость азотированных слоев штамповых сталей:

а, б — соответственно одноступенчатый режим  $520^{\circ} - 40$  ч с охлаждением на воздухе (а) и с печью (б); в, г. — двухступенчатый режим  $520^{\circ} - 6$  ч,  $560^{\circ} - 14$  ч с охлаждением на воздухе (в) и с печью (г).

Все исследованные азотированные стали сохраняют высокую теплостойкость до 500°C. Теплостойкость азотированных сталей, охлажденных на воздухе, оказалась несколько выше, чем у охлажденных с печью.

Испытание на износ (сухое трение скольжения) проводилось по схеме вал—колодка. Индентор (вал) был изготовлен из быстрорежущей стали Р18. Скорость вращения контртела 1,2 м/с, удельное давление 1,6 кгс/см<sup>2</sup>. Потеря веса образцов фокусировалась на аналитических весах с точностью ± 0,7 мг. Максимальное время испытаний составляло 30 мин.

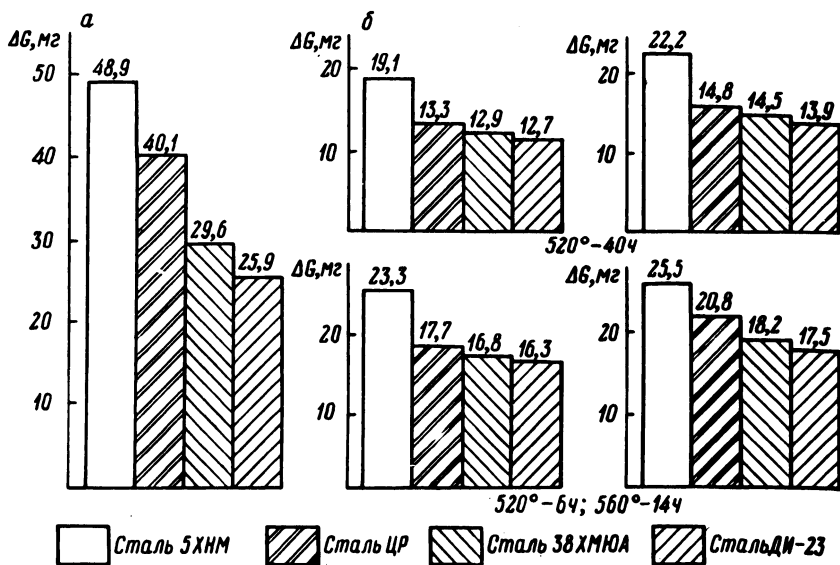


Рис. 2. Износостойкость термообработанных (а) и азотированных (б) штамповых сталей:

$v = 1,2 \text{ м/с}$ ,  $P = 1,6 \text{ кгс/см}^2$ ,  $\tau = 30 \text{ мин}$ .

Испытания показали, что азотирование штамповых сталей повышает их износостойкость в 1,3–3 раза. Наивысшей износостойкостью обладает сталь ДИ-23. Минимальная износостойкость у стали 5ХНМ (рис. 2). Эта зависимость сохраняется для всех вариантов азотирования.

Стали, обработанные по двухступенчатому режиму, имеют больший износ, чем подвергнутые одноступенчатому азотированию.

Существенное влияние на износ исследованных сталей оказывает и режим охлаждения. Штамповые стали, охлажденные на воздухе, имеют более высокую износостойкость, чем охлажденные в печи (рис. 2).