

УДК 621.785.92:620.178.167

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ОСТАТОЧНОГО АУСТЕНИТА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ У8А И 9ХС

И. Н. Степанкин¹, Е. П. Поздняков¹, В. А. Кукареко²

¹Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

²Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», г. Минск

На интенсивность изнашивания в условиях воздействия пульсирующих контактных напряжений большую роль оказывает соотношение фазовых составляющих сплавов. Для изготовления холодновысадочного инструмента, работающего при напряжениях свыше 1000 МПа, широкое применение получили инструментальные стали Х12М, Р6М5, Х6ВФ и др. При формировании рабочей поверхности пуансонов холодным выдавливанием крупные первичные карбиды могут дробиться, что приводит к появлению трещин уже на этапе формирования гравюры. В низколегированной 9ХС и углеродистой У8А сталях крупные включения отсутствуют. В такой ситуации важно учитывать влияние на стойкость инструмента других структурных составляющих сплавов, в том числе остаточного аустенита. Управляя его количеством, можно получить удовлетворительную стойкость инструмента за счет добавления вязкости при сохранении удовлетворительной твердости. Целью работы является установление влияния количества остаточного аустенита на структуру, твердость и износостойкость в условиях воздействия пульсирующих контактных напряжений инструментальных сталей У8А и 9ХС.

Методика проведения исследований. Объектами исследований являлись инструментальные стали 9ХС и У8А. Для получения необходимых механических свойств проводили термическую обработку (см. таблицу). Для определения влияния остаточного аустенита на стойкость сталей к контактному изнашиванию половина партий образцов подвергалась криогенной обработке, которую проводили в жидком азоте непосредственно после закалки. Интенсивность накопления усталостных повреждений в поверхностных слоях сплавов при многократном воздействии на материал исследовали на установке для испытаний на контактную усталость и износ [1].

Режимы термической обработки и твердость сталей 9ХС и У8А

Марка стали	Обозначение образцов	Термическая обработка				Твердость, НВ/НRC	Аустенит А _{ост} , об. %
		Температура закалки, °С	Охлаждающая среда	Криогенная обработка, °С	Температура отпуска, °С		
У8А	▲	780	вода	–	200	685/59,5	9±1
	Δ			–196		740/61,8	5±1
9ХС	◆	860	масло	–		730/61,4	5±1
	◇			–196		770/62,9	3±1

Установка обеспечивает контактное нагружение торцевой плоскости образца за счет его прокатывания по рабочей поверхности подпружиненного дискового

контртела. Исследования микроструктуры проводили на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление поверхности сплава осуществляли 3%-ным спиртовым раствором азотной кислоты. Твердость упрочненных сплавов определялась на твердомере Виккерса DuraScan 20 при нагрузке 98,07 Н. Фазовый состав поверхности упрочненных образцов определяли на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.

Обсуждение результатов исследований. После термической обработки основу металлической матрицы инструментальных сталей У8А и 9ХС составил мартенсит отпуска и остаточный аустенит. Данные рентгенофазового анализа показали, что применение криогенной обработки позволило снизить объемную долю γ -фазы с 9 до 5 % в стали У8А и с 5 до 3 % в стали 9ХС. В стали 9ХС дополнительно присутствуют равномерно распределенные мелкодисперсные сферические карбиды размером не более 2 мкм, доля которых может достигать 10–11 % [2].

В результате испытаний образцов циклическими контактными напряжениями с амплитудой 1300 ± 65 МПа получены кривые износа, отражающие зависимость глубины лунки износа от числа циклов нагружения (рис. 1). Изнашивание стали У8А характеризуется 2 этапами (рис. 1, а). После этапа приработки длительностью 2 тыс. циклов следует этап высокой стойкости к изнашиванию. При наработке 30 тыс. циклов нагружения суммарная глубина лунки износа достигла 0,10 мм. Проведение криогенной обработки оказало существенное влияние на зависимость изнашивания – появлением этапа ускоренного износа, регистрируемого после 13 тыс. циклов нагружения. Это связано с уменьшением количества остаточного аустенита с 9 до 5 % после охлаждения до температур ниже конца мартенситного превращения, что повысило твердость, а, соответственно, и хрупкость стали.

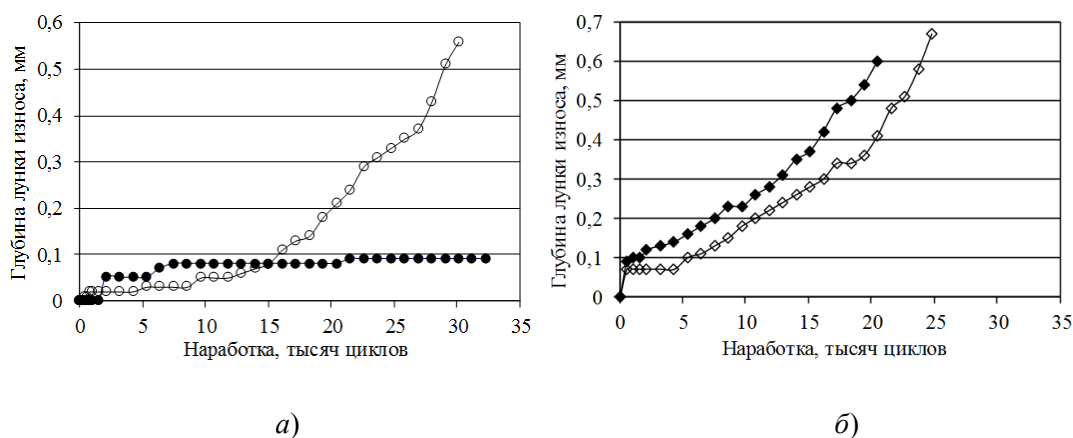


Рис. 1. Зависимости изнашивания от числа циклов нагружения стали У8А (а) и 9ХС (б) в процессе контактного нагружения амплитудой 1300 ± 65 МПа (светлыми маркерами обозначены стали, дополнительно подвергнутые криогенной обработке)

Испытаниями на контактную усталость определено, что сталь 9ХС при напряжениях 1300 ± 65 МПа обладает низкой стойкостью к изнашиванию (рис. 1, б). Это объясняется пониженным содержанием остаточного аустенита 5 % и легированием кремнием, который повышает твердость и предел текучести твердого раствора. Также повышенная концентрация кремния в стали может приводить к снижению значений энергии дефекта упаковки в ней [3], что в свою очередь увеличивает вероятность появления трещин при циклическом нагружении [4]. Указанные особенности снижают вязкость и трещиностойкость стали 9ХС. Охлаждение стали 9ХС ниже температуры конца мартенситного превращения способствует небольшому умень-

Секция 2. Современные материалы, наноматериалы в машиностроении 125

шению объемной доли γ -фазы с 5 до 3 %, которое практически не отражается на износостойкости материала. Изнашивание поверхностного слоя исследованных сталей сопровождается выкрашиванием и отслоением чешуек деформированного сплава с контактной поверхности образцов.

В результате проведенных испытаний на контактную усталость установлено, что при действии циклических контактных напряжений с амплитудой 1300 ± 65 МПа износостойкость стали У8А значительно превышает износостойкость стали 9ХС. Это связано с пониженным содержанием γ -фазы и дополнительным легированием стали 9ХС кремнием. Указанный легирующий элемент несколько снижает вязкость и трещиностойкость второго сплава. При этом проведение криогенной обработки снижает период высокой стойкости стали У8А и мало отражается на износостойкости стали 9ХС.

Литература

1. Устройство для испытания на контактную усталость и износ : полез. модель 7093 U Респ. Беларусь : МПК G 01N 3/00 / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов. – Опубл. 28.02.2011.
2. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали : справочник / Ю. А. Геллер. – М. : Metallurgia, 1984. – 584 с.
3. Вдовин, К. Н. Влияние энергии дефекта упаковки на абразивную стойкость отливок из стали Fe-12Mn-1,2C / К. Н. Вдовин, Д. А. Горленко, Н. А. Феоктистов // Изв. высш. учеб. заведений. Чер. металлургия. – 2016. – Т. 59, № 9. – С. 603–609.
4. Вишняков, Я. Д. Современные методы исследования структуры деформированных кристаллов / Я. Д. Вишняков. – М. : Metallurgia, 1975. – 480 с.