

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. И. АРХАРОВ, З. П. КИЧИГИНА и А. А. СПИРИДОНОВ

**О ПРИЧИНАХ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПУТЕМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ
ОБРАБОТКИ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 9 IV 1951)

1. Электроискровая обработка (далее обозначаемая э. и. о.) стального режущего инструмента по методу Б. Р. Лазаренко (1) в большинстве случаев существенно повышает стойкость его. Однако о степени этого повышения для разных видов инструмента, для различных режимов резания, а также и для разных режимов э. и. о. имеются разноречивые данные; в некоторых случаях отмечалось даже ухудшение свойств инструмента после э. и. о. Поэтому необходимо исследовать физическую природу изменений, вызываемых э. и. о. в поверхностном слое стали, и последующих изменений, происходящих в нем при резании.

2. Поверхностный слой стали на участке падения электрической искры оплавляется и после смещения искры в соседний участок весьма быстро охлаждается благодаря теплоотводу на массу металла. Как показало рентгенографическое исследование В. И. Широкова (2), подтвержденное и детализированное затем в других работах (3-5), в поверхностном слое стали при этом обнаруживается остаточный аустенит в количестве, существенно большем получаемого при обычной закалке массивных образцов той же стали. Это количество зависит от режима э. и. о.

Металлографически было показано также (2, 5), что между наружным слоем и основной массой закаленной стали имеется переходная зона со структурой, соответствующей высокому отпуску. Микротвердость этой зоны существенно понижена сравнительно с основной массой стали и слоем, наиболее близким к поверхности.

3. Таким образом, поверхностный слой стали после э. и. о. содержит в большом количестве структурные составляющие, более пластичные и менее твердые, чем в основном теле инструмента, прошедшего предварительно нормальную термообработку. Необходимо выяснить, как это обстоятельство согласуется с повышением стойкости инструмента.

4. Изменения состояния поверхностного слоя стального инструмента при резании определяются действием двух основных факторов: большого давления (т. е. напряжений) и повышения температуры. Оба эти фактора должны в процессе резания вызывать превращения аустенита в поверхностном слое инструмента.

Напряжения, вызываемые давлением на режущую кромку, так же как и повышение температуры, распределяются в зоне, прилегающей к кромке. Распределение обоих этих факторов зависит от режима резания и от структуры и свойств металла в этой зоне. В зависимости же от соотношения этих факторов один из них может оказаться преобладающим и, следовательно, будет определять характер превращения аустенита.

Известно, что распад аустенита при нагреве и превращение его под действием напряжений существенно различны по своему механизму. Продукты этих двух процессов различаются по структуре и по механическим свойствам. Следовательно, формирование свойств стали в поверхностном слое на участке возле режущей кромки зависит от соотношения факторов давления и температуры, действующих на сталь в этом участке при резании.

5. О механизме повышения стойкости режущего инструмента в результате э. и. о. можно высказать следующие предположения.

а) Аустенит, образующийся в поверхностном слое стали, дополнительно легируется некоторыми элементами из состава материала электрода, а также окружающей среды (например, азотом, если обработка ведется в воздухе). Это может привести к повышению устойчивости аустенита и затруднить его распад при последующих повышениях температуры.

б) В процессе резания, при некоторых его режимах, на поведение аустенита оказывает влияние, в основном, давление, вызывающее превращение его в мартенсит, тогда как повышение температуры при этих режимах в значительно меньшей мере вызывает распад его с образованием менее твердых продуктов.

в) Твердость образующегося при этом мартенсита выше, чем у мартенсита, получающегося в условиях обычной термообработки стали, из которой состоит инструмент, ввиду особенностей фиксации аустенита и дополнительной его легированности. Этой же причиной обуславливается стойкость образующегося мартенсита в отношении повышения температуры в процессе резания на этих режимах.

г) Хрупкость продуктов превращения аустенита в обыскренном слое не приводит к их выкрашиванию благодаря наличию мягкой прослойки между аустенитизированным слоем и основным металлом инструмента. Если в процессе резания в наружном слое и возникают микроизломы, то образующиеся фрагменты не теряют прочной связи со своей подкладкой и действуют аналогично частицам абразива в мягкой связке.

6. Из этих предположений вытекает практически очень важное следствие о необходимости соблюдать соответствие между режимом э. и. о. и режимом резания, для которого предназначается обрабатываемый инструмент. Каждому режиму резания соответствует свой оптимальный режим э. и. о., который зависит от состава инструментальной стали, материала электрода и среды.

7. Анализ влияния параметров резания на температуру и напряжения, создаваемые в слое, прилегающем к режущей кромке, показывает, что скорость резания является основным фактором повышения температуры, а подача резца — основным для повышения напряжений. Увеличение подачи также вызывает повышение температуры, но гораздо меньшее, чем увеличение скорости резания.

Можно поэтому полагать, что наиболее эффективно повышается стойкость инструмента, работающего при таких сочетаниях скорости резания и подачи, при которых достигается достаточно высокий уровень напряжений в зоне у режущей кромки, а температура оказывается при этом на уровне относительной устойчивости аустенита. Повышение стойкости должно существенно зависеть также и от режима охлаждения режущей кромки.

8. Для проверки этих представлений мы провели экспериментальное исследование изменения рентгенографически выявляемого количества остаточного аустенита в поверхностном слое стали, подвергнутой э. и. о. при воздействии внешнего давления на обыскренную поверхность.

Давление производилось в одной серии опытов посредством обкатки обыскренной поверхности роликом при нагрузке 550 кг, в других се-

рых — на прессе при давлении 120 кГ/мм². В каждом опыте давлению подвергалась одна половина обдвоенной поверхности образца, другая же половина не испытывала давления. Рентгенограммы снимались последовательно с обеих половин. Оценка изменений количества аустенита производилась по относительной интенсивности линий (111) и (002) аустенита и (110) феррита. Было установлено, что количество остаточного аустенита в обдвоенном слое при воздействии внешнего давления заметно уменьшается. Это уменьшение оказывается различным для образцов, обработанных электродами из разных материалов.

9. Для выяснения влияния режимов резания на стойкость инструмента, упрочненного э. и. о., мы провели несколько серий стойкостных испытаний. При этом определялся коэффициент относительной стойкости k , т. е. отношение стойкости упрочненного инструмента к стойкости неупрочненного при прочих равных условиях.

В первой серии опытов изучалось влияние скорости резания v на стойкость при точении без охлаждения. Резание производилось при подаче 0,15 мм/об, глубине резания 1 мм и при скорости резания от 7,5 до 50 м/мин в разных опытах. Точению подвергалась сталь 18ХНВА с твердостью $H_V = 330$.

Зависимость $k = f(v)$ при точении представлена кривой 1 на рис. 1. Общая тенденция к снижению k при возрастании v связана, очевидно, с возрастающим влиянием температурного фактора на аустенит в поверхностном слое.

Наличие относительного минимума на кривой можно сопоставить с типичным ходом кривой температурной устойчивости аустенита (6). По мере возрастания v растет и температура в зоне, прилегающей к режущей кромке, устойчивость аустенита снижается и в возрастающей мере идет его распад на карбидо-ферритные составляющие. По достижении известной области температур (при возрастании v) устойчивость аустенита начинает повышаться, соответственно чему большее относительное значение получает фактор напряжений, вызывающий превращение аустенита в твердую структурную составляющую — мартенсит. Суммарным результатом действия обоих факторов на аустенит в этом диапазоне скоростей резания является некоторое повышение стойкости. При дальнейшем повышении v температура возрастает далее, достигая верхней области пониженной устойчивости аустенита, вновь начинает преобладать температурный стимул распада аустенита и стойкость снова снижается.

10. Во второй серии опытов изучалась зависимость $k = f(v)$ при фрезеровании (однозубой торцевой фрезой, с теми же геометрическими параметрами, что и у резца в первой серии опытов). Обработывалась сталь 18ХНВА с твердостью $H_V = 241-255$. Ширина фрезерования и подачи на зуб были установлены, соответственно, равными глубине резания и подаче в первой серии опытов.

Результаты опытов представлены кривой 2 на рис. 1. Общий характер этой кривой такой же, как и у кривой для точения; кривая 2 сдвинута относительно кривой 1 вправо и вверх и более растянута в на-

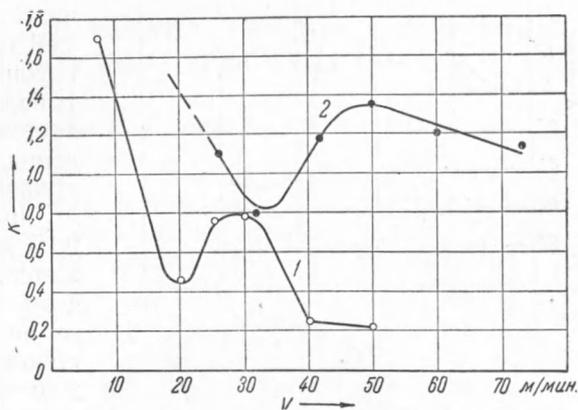


Рис. 1

правлении оси v . Эти данные, означающие большую эффективность э. и. о. для фрезерования сравнительно с точением, могут быть связаны с прерывистым характером резания и с меньшей твердостью обрабатываемой стали, что обуславливало более низкую температуру в зоне у режущей кромки при фрезеровании при одинаковых значениях v . Кроме того, при фрезеровании, в отличие от точения, резание имело периодический ударный характер, что повышало роль фактора напряжений при превращении аустенита в упрочненном слое.

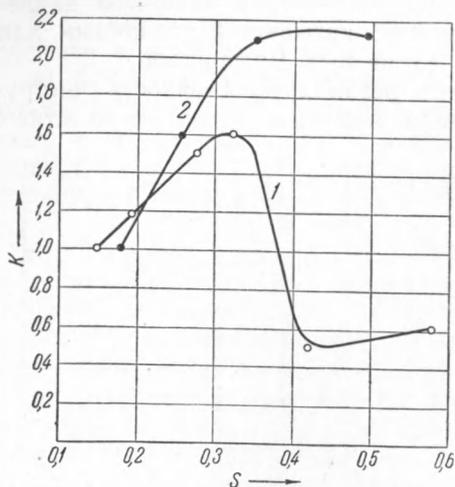


Рис. 2

11. В третьей серии опытов изучалась зависимость k от подачи S при точении (при постоянной скорости резания 25 м/мин и глубине резания 1 мм). Обрабатывалась сталь 18ХНВА с твердостью $H_B = 241-255$, без охлаждения. Результаты представлены кривой 1 на рис. 2. Повышение k при увеличении подачи от 0,15 до 0,35 мм/об, как нам кажется, связано с тем, что с ростом толщины стружки, в контакте ее с передней гранью повышаются напряжения, стимулирующие мартенситное превращение

аустенита. Ввиду того, что повышение температуры в зоне резания слабее зависит от S чем от v , в этом диапазоне роста S преобладает влияние фактора напряжений и k растет. Однако, начиная с некоторого предела, дальнейшее повышение S дает заметное повышение температуры, влияние которого перекрывает благоприятное действие фактора напряжений, начинает преобладать термический распад аустенита и стойкость начинает падать.

12. Кривая 2 на рис. 2 изображает зависимость $k = f(S)$ для фрезерования (симметричное торцевое фрезерование при $v = 42$ м/мин, ширина фрезерования 1 мм, прочие условия те же, что и ранее). Более интенсивный рост k с увеличением S , сравнительно с кривой для точения, может быть объяснен, как и для зависимости $k = f(v)$.

Институт физики металлов
Уральского филиала Академии наук СССР и
Уральский политехнический институт

Поступило
9 IV 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Р. Лазаренко, Вестн. машиностр., 27, № 1, 25 (1947). ² В. И. Широков, Изв. АН СССР, сер. физ., 12, 412 (1948). ³ В. П. Тэхт и М. М. Писаревский, Тр. Всесоюзн. совещ. по прим. рентг. лучей, 15, 1949, стр. 120. ⁴ В. И. Архаров, Тезисы доклада на III совещ. по прим. рентг. лучей к исслед. материалов, изд. АН СССР, 1950, стр. 34. ⁵ Э. А. Куцин, Вестн. машиностр., 29, № 8, 28 (1949). ⁶ В. Д. Садовский, Тр. ИММ УФАИ, в. 3, 69 (1945).