

# ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК621.924.8+621.787.4

И. Л. Баршай

## ВЛИЯНИЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

Обработке подвергались образцы из стали 45. При обработке была использована упругая схема установки иглофрезы. Параметры режима иглофрезерования варьировали в следующих пределах: скорость резания –  $V=50-250$  м/мин; продольная подача –  $S_{np}=2-10$  мм/об; круговая подача  $S_{кр}=1-5$  м/мин; усилие прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности –  $P=0,15-0,25$  кН.

Физико-механические характеристики поверхностного слоя материала образцов оценивали величиной микротвердости  $H_{\mu}$ , глубиной наклепа  $h_{\mu}$ , характером и величиной остаточных напряжений  $\sigma$ .

В результате реализации математического планирования эксперимента для  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$  получены следующие уравнения регрессии:

$$H_{\mu}=3536-10,922V+33,437S_{np}+39,989S_{кр}-14,524P+0,0141VP-11,472S_{np}S_{кр}+0,0269V^2+0,0379P^2, \quad (1)$$

$$h_{\mu}=0,0970-0,0039V+0,0182S_{np}+0,106S_{кр}+0,0001P-0,00006VS_{np}-0,0001VS_{кр}+0,000008VP-0,003S_{np}S_{кр}-0,0003S_{кр}P-0,00001V^2. \quad (2)$$

Результаты анализа полученных зависимостей указывают на следующее. Зависимости изменения  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$  от скорости резания имеют экстремальный характер. При скорости иглофрезерования  $V \leq 150$  м/мин. было зафиксировано уменьшение величины  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$ . Дальнейший рост скорости резания приводит к увеличению указанных параметров. Это объясняется тем, что с первоначальным ростом скорости резания повышается температура в зоне контакта иглофреза – обрабатываемая поверхность. Степень влияния температурного фактора при малых скоростях резания ( $V \leq 150$  м/мин.) превышает степень влияния силового (динамического) фактора воздействия проволочных элементов на обрабатываемую поверхность. Увеличение  $V$  свыше указанного значения способствует преобладанию силового воздействия проволочных элементов на обрабатываемую поверхность образцов в момент контакта. Это приводит к росту величины  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$ .

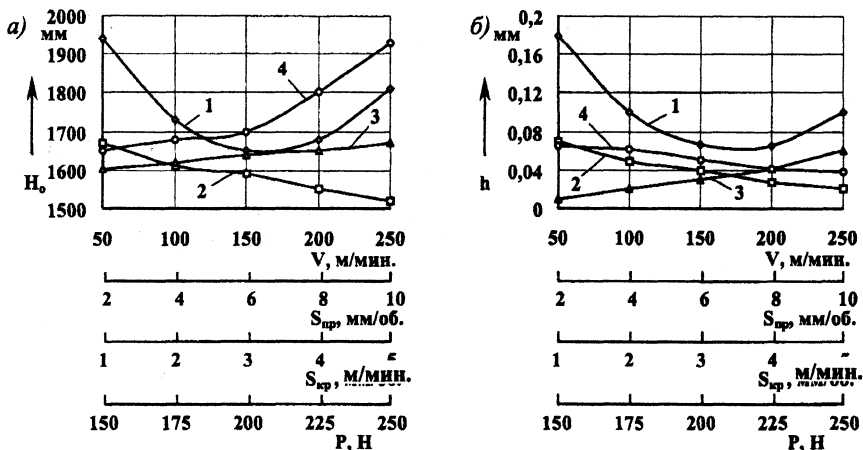


Рис. 1. Влияние скорости резания (1), продольной подачи (2), круговой подачи (3), усилия прижатия иглофрезы (4) на изменение микротвердости поверхности (а) и глубину упрочненного слоя (б): 1 -  $S_{np}=2,5$  мм/об.,  $S_{кр}=3$  м/мин.,  $P=0,15$  кН; 2 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{кр}=3$  м/мин.,  $P=0,15$  кН; 3 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{np}=2,5$  мм/об.,  $P=0,15$  кН; 4 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{np}=2,5$  мм/об.,  $S_{кр}=3$  м/мин.

Увеличение  $S_{np}$  и  $S_{кр}$  незначительно смещают минимум  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$  в сторону больших значений скорости резания. Увеличение прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности способствует смещению минимума  $H_{\mu}$  и  $h_{\mu}$  в область меньших скоростей резания.

Зависимость  $H_{\mu}=f(S_{np})$  монотонна. Однако одновременное изменение  $S_{кр}$  и  $S_{np}$  приводит как к росту, так и уменьшению величины микротвердости поверхности. При малых значениях  $S_{кр}$  указанная зависимость имеет тенденцию к росту. При значениях, соответствующих середине интервала варьирования данного параметра режима обработки ( $S_{кр}=2,92$  м/мин.),  $H_{\mu}$  практически неизменно. При увеличении  $S_{кр}$  зависимость  $H_{\mu}=f(S_{np})$  приобретает убывающий характер.

Аналогичный возрастающий характер изменения  $H_{\mu}$  в зависимости от круговой подачи при малых значениях продольной подачи ( $S_{np}=2,5$  мм/об). С дальнейшим увеличением продольной подачи эта зависимость монотонно убывающая. Описываемый характер данных зависимостей обусловлен взаимным влиянием  $S_{np}$  и  $S_{кр}$  на протяженность траектории движения режущего лезвия проволочного элемента по поверхности образца и его положения во время этого движения.

Скорость резания и усилие прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности не оказывают влияния на характер зависимости  $H_{\mu}=f(S_{np})$  и  $H=f(S_{кр})$ .

Зависимость изменения  $h_{\mu}$  от  $S_{np}$  монотонна. При малых скоростях резания ( $V \leq 60$  м/мин.) она имеет возрастающий характер. С увеличением скорости реза-

ния характер зависимости меняется на убывающий. Это вызвано уменьшением времени взаимодействия проволочного элемента с обрабатываемой поверхностью при высоких скоростях резания и продольных подачах иглофрезы. При малых круговых подачах ( $S_{кр} = 1,38-2,92$  м/мин.) зависимость  $h_n = f(S_{пр})$  трансформируется в возрастающую. При дальнейшем увеличении  $S_{кр}$  эта зависимость – убывающая. Усилие прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности не влияет на характер изменения зависимости  $h_n = f(S_{пр})$ .

Зависимость изменения  $h_n$  от величины круговой подачи монотонна. При малых значениях продольной подачи эта зависимость является на возрастающей. При больших значениях этой подачи ( $S_{пр} = 10$  мм/об) зависимость  $h_n = f(S_{кр})$  – убывающая. Это вызвано уменьшением времени силового воздействия на обрабатываемую поверхность с ростом круговой подачи.

Увеличение усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности приводит к росту  $H_{\mu}$ . Одновременное изменение скорости резания и продольной подачи не оказывает влияние на изменение характера зависимости  $H_{\mu} = f(P)$ .

Зависимость  $h_n = f(P)$  при малых скоростях резания монотонно убывающая. Рост скорости резания трансформирует эту зависимость в возрастающую. Остальные параметры режима резания не оказывают влияния на изменения характера зависимости  $h_n = f(P)$ .

Влияние параметров режима иглофрезерования на формирование остаточных напряжений в поверхностном слое материала образцов описывается следующим уравнением регрессии:

$$\sigma = 365,9 + 2,27V - 120,3S_{пр} - 8,11S_{кр} + 0,425P + 0,191VP - 0,014VP + 3,40S_{пр}S_{кр} + 0,14S_{пр}P + 4,23S_{пр}^2 \quad (3)$$

Анализ уравнения (3) показал, что с увеличением скорости резания величина остаточных напряжений монотонно возрастает. При малых усилиях прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности ( $P = 0,15-0,19$  кН) зависимость  $\sigma = f(V)$  имеет характер убывающей. Это вызвано тем, что с увеличением скорости резания в зоне контакта иглофреза – обрабатываемая поверхность повышается температура. В этом случае температурный фактор преобладает над силовым. При больших усилиях прижатия иглофрезы зависимость  $\sigma = f(V)$  является возрастающей ввиду существенного повышения силового воздействия на обрабатываемую поверхность. Величины  $S_{пр}$  и  $S_{кр}$  в этом случае не оказывают влияния на характер изменения величины остаточных напряжений.

С увеличением  $S_{пр}$  зависимость  $\sigma = f(S_{пр})$  имеет экстремальный характер. Минимум величины остаточных напряжений сжатия соответствует  $S_{пр} = 6-8$  мм/об. Указанный характер этой зависимости связан с тем, что увеличение продольной подачи приводит к превалирующему влиянию силового фактора в формировании остаточных напряжений. Это вызвано ростом упругих отжиганий проволочных элементов. Дальнейшее увеличение продольной подачи приводит к уменьшению чис-

ла проволочных элементов, воздействующих на локальные участки обрабатываемой поверхности, а это, в свою очередь, способствует снижению уровня остаточных напряжений. Увеличение скорости резания и усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности приводит к смещению максимума остаточных напряжений сжатия в область меньших продольных подач. С ростом круговой подачи указанный максимум смещается в область больших продольных подач.

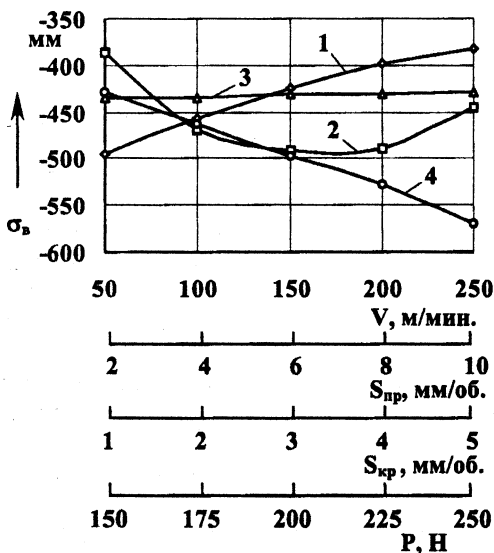


Рис. 2. Влияние скорости резания (1), продольной подачи (2), круговой подачи (3), усилия прижатия иглофрезы (4) на изменение остаточных напряжений в поверхностном слое: 1 -  $S_{пр}=2,5$  мм/об,  $S_{кр}=3$  м/мин.,  $P=0,15$  кН; 2 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{кр}=3$  м/мин.,  $P=0,15$  кН; 3 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{пр}=2,5$  мм/об,  $P=0,15$  кН; 4 -  $V=150$  м/мин.,  $S_{пр}=2,5$  мм/об,  $S_{кр}=3$  м/мин.

Увеличение  $S_{кр}$  не приводит к существенному изменению величины остаточных напряжений сжатия.

Зависимость изменения величины остаточных напряжений сжатия от усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности монотонно возрастающая. Остальные параметры режима иглофрезерования в этом случае не оказывают влияния на изменение характера зависимости  $\sigma = f(P)$ .

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о том, что иглофрезерование может быть использовано в качестве упрочняющей обработки деталей машин.