

сжимающих остаточных напряжений, что связано с преобладанием силового фактора в процессе резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А.И., Кане М.М. Исследование изменения остаточных напряжений в поверхностном слое зубьев цилиндрических зубчатых колес после различных операций их обработки // *Машиностроение*. — Мн., 1985. — Вып. 10. — С. 97–99.
2. Рентгенография в физическом металловедении / Под ред. Ю.А. Багаряцкого. — М., 1961. — 368 с.
3. Калашников С.Н., Калашников А.С. Зубчатые колеса и их изготовление. — М., 1983. — 258 с.

УДК 621.914.1

А.Л. АБУГОВ, И.Л. БАРШАЙ

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Определение тангенциальных остаточных напряжений в поверхностном слое деталей после иглофрезерования осуществлялось механическим методом.

Из труб (материал — Ст 10, наружный диаметр — 22 мм, толщина стенки — 1,5 мм), обработанных иглофрезерованием, на токарно-винторезном станке мод. 16К20 с применением чистовых режимов и обильного охлаждения вырезались кольца шириной 10 мм. После разрезки колец по образующей измерялась полученная деформация и осуществлялось последовательное травление их поверхностных слоев водным раствором азотной кислоты, приготовленным с соотношением объемных частей кислоты и воды 1:9. Предварительно внутренняя поверхность и торцы образцов для защиты от травления покрывались цапонлаком.

В результате экспериментов установлено, что скорость травления в указанных условиях составляет 23...25 мкм/мин. Контроль толщины снятого слоя металла осуществлялся по изменению толщины кольца, измеряемой в трех сечениях и усредненной. Деформации определялись по внутреннему диаметру кольца, также измеренному в трех сечениях и усредненному. Указанные измерения проводились на универсальном микроскопе мод. 692 фирмы "Carl Zeiss Jena" с ценой деления 0,001 мм.

Тангенциальные остаточные напряжения определялись по методике Н.Н. Давиденкова с учетом произведенных И.А. Биргером уточнений [1].

Предварительно были определены остаточные напряжения на поверхности заготовки, которые оказались равными 200...300 МПа.

Иглофрезерование осуществлялось иглофрезой диаметром 150 мм с шириной режущей части 22 мм, диаметр и вылет игл — соответственно 0,32 и 14 мм. После него в поверхностном слое детали появились сжимающие остаточные напряжения в диапазоне —300...—800 МПа. Анализ распределения остаточных напряжений в поверхностном слое показал, что максимальные сжимающие напряжения имели место у поверхности детали. При удалении в глубину металла уровень сжимающих остаточных напряжений резко снижается с

последующим переходом в растягивающие напряжения.

Для изучения влияния параметров режима иглофрезерования на остаточные напряжения на обработанной поверхности применялся центральный композиционный ортогональный план эксперимента (ЦКОП) [2]. Пределы варьирования параметров режима обработки: скорость резания $v = 60 \dots 240$ м/мин, продольная подача $S_{\text{пр}} = 2,5 \dots 10$ мм/об, круговая подача $S_{\text{кр}} = 1,38 \dots 4,46$ м/мин, усилие прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности $P = 150 \dots 250$ Н. В результате реализации ЦКОП была получена модель регрессионного анализа:

$$\sigma_{\theta} = -365,9 + 2,27v - 120,3S_{\text{пр}} - 8,11S_{\text{кр}} + 0,425P + \\ + 0,191vS_{\text{кр}} - 0,014vP + 3,4S_{\text{пр}}S_{\text{кр}} + 0,14S_{\text{пр}}P + 4,23S_{\text{пр}}^2.$$

Адекватность модели была проверена по критерию Фишера при 5 %-м уровне значимости. Все расчеты выполнены на ЭВМ ЕС 1035.

Анализ модели показал, что с увеличением скорости резания остаточные напряжения монотонно изменяются. При малых усилиях прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности (150...190 Н) зависимость $\sigma_{\theta} = f(v)$ — убывающая. Это объясняется повышением температуры в зоне контакта иглофрезы — деталь с увеличением скорости резания, в результате чего температурный фактор преобладает над сравнительно незначительным силовым. При больших значениях усилий прижатия остаточные напряжения возрастают ввиду значительного повышения роли силового фактора в их формировании. Продольная и круговая подачи не оказывают влияния на характер изменения остаточных напряжений.

С увеличением продольной подачи наблюдается первоначальный рост, а затем снижение уровня остаточных напряжений. Это объясняется тем, что первоначальный рост продольной подачи приводит к усилению силового воздействия на поверхность детали вследствие увеличения отжатия игл, за счет чего повышается уровень остаточных напряжений. Дальнейшее увеличение продольной подачи приводит к уменьшению количества игл, воздействующих на элементарные объемы поверхностного слоя. Это способствует снижению остаточных напряжений. При возрастании скорости резания и усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности максимум остаточных напряжений смещается в область меньших продольных подач. С увеличением круговых подач указанный максимум смещается в область больших продольных подач. При этом остаточные напряжения незначительно убывают. Остальные параметры режима обработки не оказывают существенного влияния на характер изменения зависимости $\sigma_{\theta} = f(S_{\text{кр}})$.

Зависимость уровня остаточных напряжений от усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности имеет монотонно возрастающий характер. Остальные параметры режима иглофрезерования не оказывают влияния на характер изменения зависимости $\sigma_{\theta} = f(P)$.

Таким образом, с изменением параметров режима иглофрезерования возможно наведение в поверхностном слое обработанной детали сжимающих остаточных напряжений широкого диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А. Остаточные напряжения. — М., 1963. — 232 с. 2. Ящеричы и П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении. — Мн., 1985. — 286 с.

УДК 621.993.042

В.И. ШАГУН

ШАГ РЕЗЬБЫ

М16х2 В СТАЛИ 45 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РЕЗЬБООБРАБОТКИ

Исследования проводили на вертикально-сверлильном станке мод. 2А125 с самозатягиванием метчика. Шпиндель станка уравнивали так, что в нерабочем состоянии его можно было перемещать вверх и вниз с усилием 10... 15 Н. Усилие, необходимое для врезания метчика, и путь врезания были постоянными.

Образцы под нарезание резьбы — толстостенные втулки с наружным диаметром 48 мм, внутренним 14 мм и высотой 25 мм. Материал образцов — сталь 45 с твердостью 170 НВ и $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа, структура — перлит + феррит.

Использование специальных тисков цангового типа и точное выполнение образцов позволили закреплять образцы при несоосности со шпинделем станка до 0,015 мм.

Метчики — четырехперые из стали Р18, затылованные по профилю резьбы на всей ширине пера (тип А) и на $2/3$ ширины пера (тип Б). Исходные параметры метчиков: длина рабочей части — 35 мм; ширина пера — 4,4 мм; передний угол $\gamma = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 5^\circ$; угол заборного конуса $\varphi = 14^\circ 50'$; обратная конусность по среднему диаметру резьбы $\Delta d = 0,1:100$ мм; затылование по профилю на угловом шаге перьев $K_1 = 0,135$ мм для метчиков типа А и 0,4 мм для метчиков типа Б.

Патрон для крепления метчиков — шариковый плавающий, лишь только при исследованиях радиального биения метчика — специальный жесткий с радиальной упругой податливостью 0,005 мм/Н на конце метчика.

Скорость резания $v = 10$ м/мин, смазочно-охлаждающая жидкость — сульфозрезол, при исследовании влияния обрабатываемого материала — 10 %-я водная эмульсия эмульсола ЭБ-2. В специальном приборе для измерения среднего диаметра резьбы использован разрезанный вдоль оси резьбовой калибр — пробка типа НЕ с одним витком резьбы. Предельная погрешность измерения составляла $\pm 3,5$ мкм. Собственно средний диаметр резьбы измеряли на каждом витке. Каждый опыт по нарезанию резьбы повторяли 10 раз.

Непосредственные измерения шага внутренних резьб малого диаметра затруднены. Поэтому отклонения шага определяли косвенно по уширению впадин резьбы при воздействии осевых и радиальных сил резания, а также и внешних, передаваемых от станка.

Под воздействием осевых сил, выталкивающих метчик из отверстия, боковые режущие кромки метчика, обращенные в сторону его хвостовика