

лей. – Мн., 1971. – 210 с. 3. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некрутлости поверхности. – М., 1978. – 231 с. 4. Андрукович П.Ф. Применение метода главных компонент в практике исследований. – М., 1978. – 123 с.

УДК 621.833.1:539.539.531

А.И. МЕДВЕДЕВ, М.М. КАНЕ,
Н.И. САВЧЕНКО

ИЗМЕНЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ КОЛЕС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Выполненные ранее исследования [1] показали, что между значениями остаточных напряжений σ_1 (остаточные напряжения 1-го рода, или макронапряжения) в поверхностном слое зубьев цилиндрических зубчатых колес после различных операций механической и термической обработки существует достаточно тесная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,52...0,9$) и, таким образом, имеет место технологическая наследственность при изменении этих напряжений.

Для выяснения возможности целенаправленно влиять на уровень остаточных напряжений при зубофрезеровании цилиндрических зубчатых колес путем изменения режимов резания была исследована зависимость этих напряжений от скорости резания v и подачи S .

Материал деталей – стали 40Х, 25ХГТ и 20ХНЗА; модуль колес $m = 2...4$ мм; число зубьев $z = 38...65$. Рассматривались по три партии зубчатых колес (по 50 деталей) из каждого материала. Зубофрезерование заготовок осуществлялось на станке мод. 5Б312 при следующих режимах резания: $v = 25,2; 31,4; 35; 40,4$ м/мин; $S = 2,5; 5$ и 10 мм/мин для каждого из значений v . Измерения остаточных напряжений выполнялись рентгеновским методом на дифрактометре ДРОН-05 по методике, изложенной в работе [2].

Для получения математической модели рассматриваемого процесса использовано планирование эксперимента.

Выполнена соответствующая математическая обработка результатов эксперимента и получены следующие уравнения регрессии:

для зубчатых колес из стали 40Х

$$y = -726 + 67,4v + 63,9S + 1,11vS - 1,34v^2 - 68,5S^2; \quad (1)$$

из стали 25ХГТ

$$y = -956 + 83,5v + 79,7S + 1,15vS - 1,4v^2 - 82,8S^2; \quad (2)$$

из стали 20ХНЗА

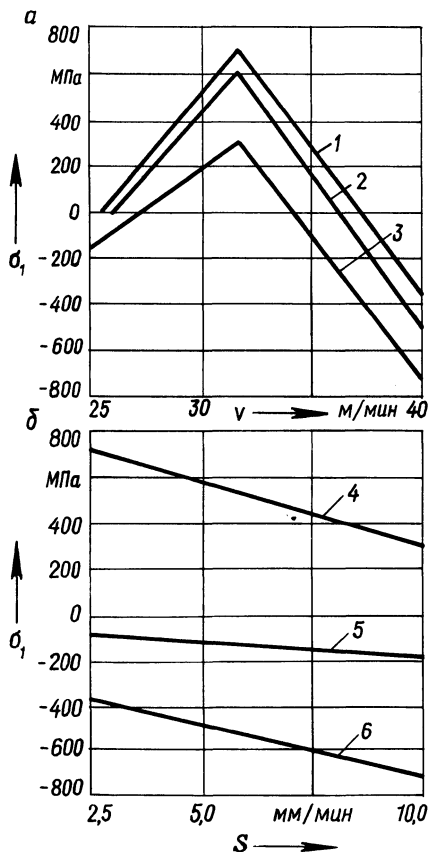
$$y = -928 + 84,9v + 80,9S + 1,2vS - 1,35v^2 - 83,8S^2, \quad (3)$$

где y – остаточные напряжения, МПа.

Используя эти зависимости, можно с достаточной точностью управлять процессом зубофрезерования с целью обеспечения необходимого уровня оста-

Рис. 1. Графики зависимости остаточных напряжений от режимов зубофрезерования (материал зубчатых колес — сталь 40X):

a — скорости резания при следующих значениях подачи: 1 — 2,5 мм/мин; 2 — 5; 3 — 10 мм/мин; *б* — подачи при следующих значениях скорости резания; 4 — 25,2 м/мин; 5 — 31,4; 6 — 40 м/мин



точных напряжений в поверхностном слое зубьев (относительная ошибка в определении σ по уравнениям (1) — (3) составляет в среднем 3...10 %).

Из указанных зависимостей следует, что наибольшее влияние на изменение остаточных напряжений оказывает скорость резания.

Характер зависимости остаточных напряжений от режимов резания при зубофрезеровании цилиндрических зубчатых колес из стали 40X (рис. 1) не изменяется и при других исследованных материалах.

Как следует из рис. 1, *a*, при скоростях резания до 26...27 м/мин и свыше 36 м/мин остаточные напряжения являются сжимающими, а в диапазоне скоростей 26...36 м/мин — растягивающими. Для повышения эксплуатационных характеристик зубчатых колес это наиболее неблагоприятные скорости резания. Тем не менее при производстве зубчатых колес на целом ряде предприятий автотракторостроения зубофрезерование производится именно в этом диапазоне скоростей резания.

Поэтому представляется целесообразным увеличение скорости резания при зубофрезеровании до 40...50 м/мин, что соответствует рекомендациям, приведенным в работе [3].

С увеличением подачи при зубофрезеровании (рис. 1, *б*) происходит рост

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

ЛИТЕРАТУРА

1. М е д в е д е в А.И., К а н е 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. К а л а ш н и к о в С.Н., К а л а ш н и к о в 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