

А.И.Медведев, М.М.Кане, канд. техн. наук (БПИ), Г.Б.Ярошевич (АН БССР)

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В данной работе сделана попытка привлечь рентгеноструктурный анализ к исследованию некоторых свойств поверхности зуба, которые определяют работоспособность этих деталей. Проведенный эксперимент и последующие расчеты достаточно сложны. Это вызвано криволинейной конфигурацией исследуемой поверхности, поэтому рентгеновская съемка проводилась с неподвижных образцов, установленных в держателе гониометрической головки.

Тонкую кристаллическую структуру металла определяют величины блоков мозаики кристаллической решетки D и напряжений второго рода (микронапряжений) σ_{II} .

Величина σ_{II} может быть определена по формуле

$$\sigma_{II} = E\Delta a/a, \quad (1)$$

где E - модуль упругости (для сталей $E = 21 \cdot 10^4$ Н/мм²); Δa - максимальное отклонение значения параметра решетки от его среднего значения a .

Для исследования были взяты 3 партии, в каждой по 20 образцов зубьев цилиндрических зубчатых колес из стали 40Х, прошедших последовательно зубофрезерование и шевингование. При этом была обеспечена возможность сопоставления полученных результатов на указанных операциях.

Рентгеновская съемка проводилась на установке ДРОН-0,5 с ионизационным методом регистрации интерференционных линий в кобальтовом монохроматизированном излучении при напряжении 35 кВ и силе тока 7 мА.

На рис. 1 приведены кривые рентгеновской интенсивности для одного из образцов, полученные от плоскостей (110) α и (220) α .

По изменению ширины линии (110) α можно судить о величине блоков мозаики, а по изменению ширины линии (220) α - о величине микронапряжений.

Ширина линий (110) α и (220) α (в мм) определяется по формуле:

$$B = S/h, \quad (2)$$

где S - площадь, ограниченная кривой интенсивности и осью X ,

мм² (величина S определялась с помощью планиметра); h – максимальная ордината линии, мм.

На ширину этих линий влияют различные параметры рентгеновской съемки, которые необходимо исключить при определении части уширения линий, вызванного только факторами тонкой структуры.

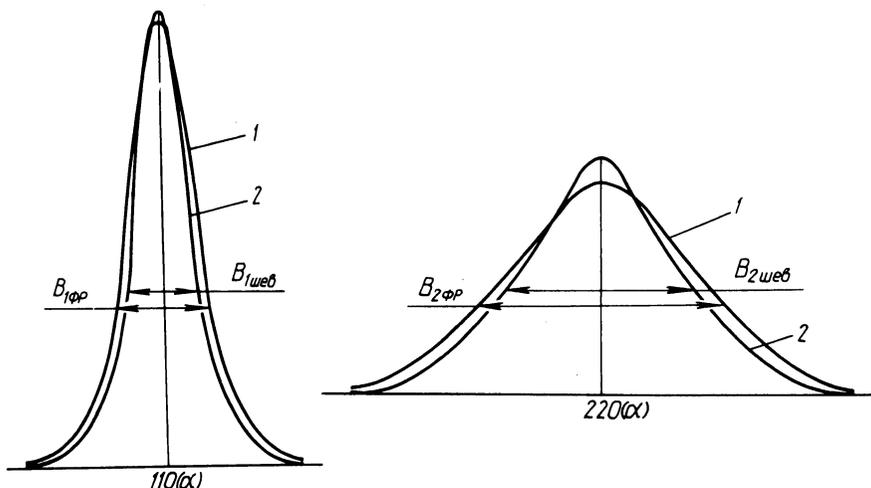


Рис. 1. Дифракционные кривые рентгеновской интенсивности: 1 – зубофрезерование, 2 – шевингование.

Истинная ширина линий интерференции чаще всего определяется по методу аппроксимации формы кривой по одной из функций:

$$y = e^{-\alpha x^2}; \quad y = \frac{1}{1 + \alpha x^2}; \quad y = \frac{1}{(1 + \alpha x^2)^2}. \quad (3)$$

По уравнениям этих функций строятся соответствующие графики и сравниваются с кривой, полученной экспериментально (рис. 2).

В нашем случае функцией, которая наиболее точно описывает распределение интенсивности в экспериментальных кривых, оказалась функция $y = e^{-\alpha x^2}$.

В величину B последовательно вносят поправки на неоднородность излучения (по уравнению функции $y = e^{-\alpha x^2}$) и геометрические условия съемки (по эталону), используя соответствующие номограммы.

В результате этих вычислений определено истинное значение ширины интерференционных линий, а по ним – величины D и σ_{II} для образца, дифракционные кривые которого представлены на рис. 1.

Размеры блоков мозаики и микронапряжений, полученные после операций зубофрезерования и шевингования

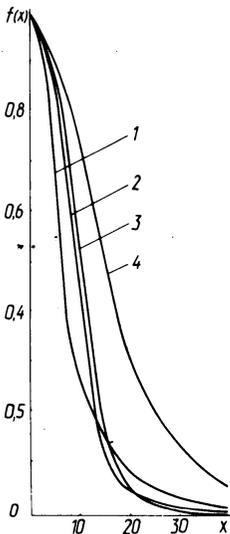
Вид обработки	B_1 , мм	B_2 , мм	D , мм	σ_{II} , МПа
Зубофрезерование	18,7	44,6	$0,38 \cdot 10^{-5}$	328,0
Шевингование	18,3	42,7	$0,4 \cdot 10^{-5}$	267,0

Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, величина D после шевингования несколько больше, чем после зубофрезерования. Это объясняется тем, что фрезерование зубьев сопровождается значительными усилиями резания, упругими и пластическими деформациями, которые приводят к размельчению кристаллической решетки металла.

При шевинговании, как чистовой отделочной операции, где усилия резания и другие факторы, сопутствующие процессу резания, значительно меньше, происходит укрупнение блоков мозаики, мерой которого служит величина D . Одновременно при шевинговании, как это видно из табл. 1, уменьшаются размеры микронапряжений по сравнению с зубофрезерованием, что также объясняется вышеуказанными особенностями этих операций.

Аналогично рассчитаны величины D и σ_{II} для всех образцов. Методами корреляционного анализа определены основные статистические характеристики исследованных параметров на указанных операциях.



Для зубофрезерования они составляют:

$$\bar{x}_{\text{общ}} = 423,8 \text{ МПа}, \sigma_{x_{\text{общ}}} = 62,4 \text{ МПа};$$

для зубошевингования:

$$\bar{y}_{\text{общ}} = 328,5 \text{ МПа}, \sigma_{y_{\text{общ}}} = 53,0 \text{ МПа},$$

где $\bar{x}_{\text{общ}}$ и $\sigma_{x_{\text{общ}}}$ — величины среднего арифметического и среднего квадратического отклонений микронапряжений на операции зубофрезерования для трех партий зубьев; $\bar{y}_{\text{общ}}$ и $\sigma_{y_{\text{общ}}}$ — то же на шевинговальной операции.

Рис. 2. Сопоставление распределения интенсивности в линии, полученной экспериментально (2) и функциями:

$$1 - y = \frac{1}{1 + \alpha x^2}; \quad 3 - y = e^{-\alpha x^2}; \quad 4 - y = \frac{1}{(1 + \alpha x^2)^2}.$$

Средний коэффициент корреляции для исследованных партий зубчатых колес $r_{xy} = 0,88$.

Высокое значение этого коэффициента говорит о тесной связи между исследуемыми параметрами.

Анализ экспериментальных данных позволил предположить, что между исследуемыми значениями микронапряжений существует линейная взаимосвязь. Поэтому в качестве математической модели был принят полином 1-й степени. Была выполнена оценка адекватности принятой модели с помощью критерия Фишера

Уравнение регрессии для трех партий зубьев имеет вид

$$\bar{y}_x = 0,68\bar{x} + 40,3.$$

Оно показывает, что величина микронапряжений при шевинговании складывается из двух компонентов: из исправленной в 0,68 раза их величины после зубофрезерования и дополнительного значения 40,3 МПа, возникающего при шевинговании.

УДК 621.7

О.С.Кобяков, канд. техн. наук,
Е.Г.Гинзбург (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА Порошковых износостойких сплавов

На стабильность и эффективность нагрева частиц в процессе газотермического напыления большое влияние оказывают такие факторы, как неоднородность и неустойчивость температурных полей нагревателя, нестабильность подачи газа и порошка, несферичность и различие гранулометрического состава порошков и др.

В связи с этим оценка теплофизических условий нагрева частиц, а также нахождение оптимального их размера весьма важны при получении однородных и качественных напыленных покрытий.

В первом приближении оптимальный размер частиц можно получить из формулы, выражающей критерий Фурье:

$$Fo = (4a\tau_{\Pi})/d^2, \quad (1)$$

где Fo - критерий Фурье; a - коэффициент температуропроводности, m/s^2 ; τ_{Π} - время пребывания частиц в зоне нагрева, ч; d - диаметр частиц, м.

Критерий Фурье выразим в безразмерной критериальной форме, исходя из методики расчета, изложенной в работе [1]. Приняв, что нагрев центра частицы $t_{\text{ч}} = 0,9$ от температуры плавления $t_{\text{пл}}$ частицы, получим $t_{\text{ч}} = 0,9t_{\text{пл}}$.