

ня при $\frac{S_2}{S_1} \rightarrow 1$ имеют податливость, в 1,2...1,4 раза меньшую, чем зубья при $\frac{S_2}{S_1} \rightarrow 0$. В значениях податливости зубьев одного ремня наблюдается расхождение до 20%; расхождение в значениях податливости зубьев разных ремней одного модуля достигает 35%, что объясняется технологическими причинами.

На рис. 3 приведены результаты измерения податливости зубьев ремней, производимых в настоящее время.

УДК 620.179.118

А.В.Молочков

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОЛЕБАНИЯМИ И КОНТАКТНЫМ ТРЕНИЕМ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

При резании металлов на характер и величину пластических деформаций значительное влияние оказывает контактное трение на передней поверхности инструмента. Величина сдвига, обусловленная контактным трением, является составляющей частью относительного сдвига при стружкообразовании. Она определяется как тангенс угла α . На рис. 1,а этот угол показан на деформированном элементе $abcd$, который до деформации имел форму квадрата $ABCD$. Величина сдвига, обусловленного трением, для опережающей зоны течения со свободной поверхностью в виде дуги [1] определяется по формуле

$$\epsilon = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg}(\varphi_2 - \gamma) + \frac{\operatorname{ctg} \beta_1}{\zeta^2} - \frac{\sin(\varphi_2 - \beta_1)}{\zeta \sin \beta_1 \cos(\varphi_2 - \gamma)} - 2 \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2} \left[\frac{\sin(\varphi_2 - \beta_1)}{\zeta \sin \beta_1 \cos(\varphi_2 - \gamma)} \right]^2 \left(1 - \frac{\delta}{2} \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2} \right), (1)$$

где ζ - коэффициент усадки стружки; β_1 - условный угол сдвига; φ_2 - угол конечной границы опережающей зоны течения; γ, δ - соответственно передний угол инструмента и угол резания.

Резание металла является периодическим процессом, Стружка, образуемая при высоких скоростях резания, состоит

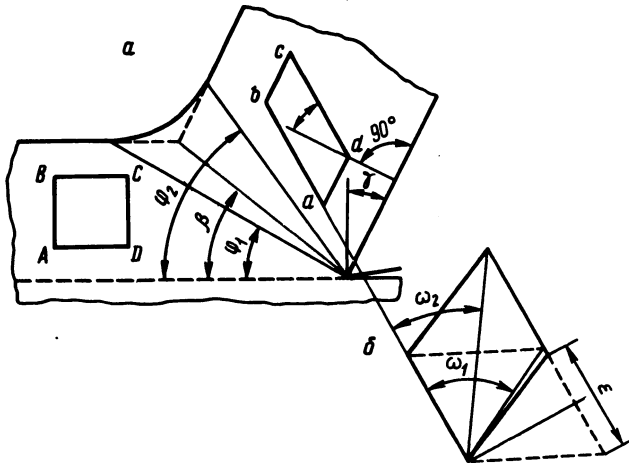


Рис. 1. К определению величины сдвига, обусловленного трением.

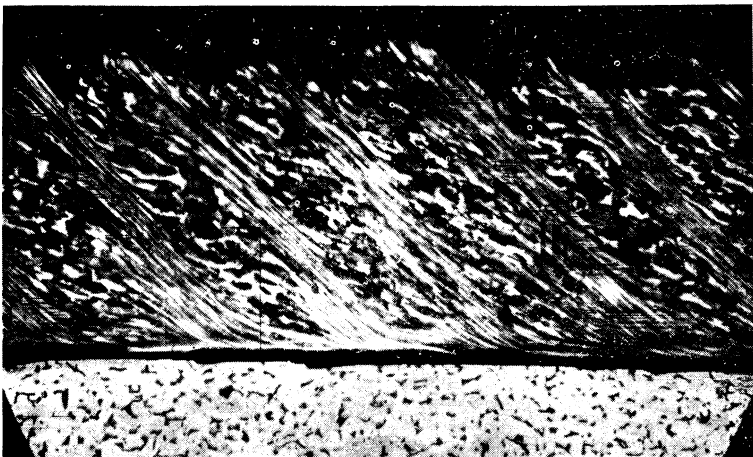


Рис. 2. Микрофотография зон локализации пластической деформации ($\times 100$) при точении стали 45 с $\gamma = -10^\circ$; $v = 212$ м/мин; $s = 0,52$ мм/об; $t = 2$ мм.

из отдельных микроэлементов, разделенных зонами локализации пластической деформации (рис. 2). Силы резания и коэффициент трения при этом являются переменными, при образовании каждого микроэлемента они повторяют свой цикл изменения.

Значения наименьшего и наибольшего коэффициентов (углов) трения, имеющих место при образовании каждого микроэлемента, определяются по формулам [2]

$$\mu_{\min} = \operatorname{ctg}(\varphi_2 + \omega_1 - \gamma), \quad \eta_{\min} = 90^\circ - (\varphi_2 + \omega_1 - \gamma), \quad (2)$$

$$\mu_{\max} = \operatorname{ctg}(\varphi_2 + \omega_2 - \gamma), \quad \eta_{\max} = 90^\circ - (\varphi_2 + \omega_2 - \gamma), \quad (3)$$

где μ_{\min} , (η_{\min}) , μ_{\max} , (η_{\max}) - соответственно наименьший и наибольший коэффициенты (углы) трения на передней поверхности реза.

Углы между главными осями деформации и направлением простого сдвига (рис. 1,б) до (ω_1) и после (ω_2) деформации определяются по формулам [3,4]

$$\operatorname{ctg} \omega_1 = \frac{2}{\sqrt{\varepsilon^2 + 4 - \varepsilon}}, \quad \operatorname{ctg} \omega_2 = \operatorname{ctg} \omega_1 + \varepsilon. \quad (4)$$

При образовании сливных стружек, состоящих из отдельных микроэлементов, процесс резания является периодическим. Если судить по осциллограммам вибрационного ускорения, то изменение сил резания подчиняется синусоидальному закону [5]. Тангенциальная составляющая силы резания в общем случае может быть выражена уравнением [6]

$$P_z = \zeta t s \zeta \frac{\cos(\eta - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \eta - \gamma) \cos(\varphi_2 - \gamma)}, \quad (5)$$

где ζ - сдвигающее напряжение в зонах локализации; t, s - соответственно глубина резания и подача; η - угол трения на передней поверхности инструмента.

Если при данных условиях обработки усадку стружки считать постоянной величиной, равной ее среднему значению, то на основании формулы (5), используя уравнения (2) и (3), можно выразить наибольшее и наименьшее значения силы резания:

$$P_{z \max} = (\zeta_{\min} + \delta \zeta) t s \zeta \frac{\sin(\varphi_2 + \omega_2)}{\cos(\varphi_2 - \gamma) \sin \omega_2}, \quad (6)$$

$$P_{z \min} = \tau_{\min} t s \zeta \frac{\sin(\varphi_2 + \omega_1)}{\cos(\varphi_2 - \gamma) \sin \omega_2}, \quad (7)$$

где τ_{\min} - напряжение, соответствующее наименьшей силе резания; $\delta \tau$ - величина изменения напряжения при возрастании силы резания от наименьшего до наибольшего значения.

Двойная амплитуда силы резания определится как разность

$$P'_{zA} = P_{z \max} - P_{z \min}$$

После преобразования этого выражения с учетом уравнений (4), (6), (7) получим формулу для двойной амплитуды

$$P'_{zA} = \tau_{\min} t s \zeta \varepsilon \frac{\sin \varphi_2}{\cos(\varphi_2 - \gamma)} + \delta \tau t s \zeta \frac{\cos(\eta_{\max} - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \eta_{\max} - \gamma) \cos(\varphi_2 - \gamma)}. \quad (9)$$

Угол поворота осей главных деформаций (рис. 1,6) определится зависимостью [4]

$$\operatorname{tg}(\omega_1 - \omega_2) = \frac{\varepsilon}{2}. \quad (10)$$

С другой стороны, из уравнений (2) и (3) получим

$$\eta_{\max} - \eta_{\min} = \omega_1 - \omega_2. \quad (11)$$

Сравнивая (10) и (11), найдем

$$\varepsilon = 2 \operatorname{tg}(\eta_{\max} - \eta_{\min}). \quad (12)$$

Тогда формула (9) амплитуды тангенциальной составляющей силы резания с учетом выражения (12) примет вид

$$P'_{zA} = \tau_{\min} t s \zeta \operatorname{tg}(\eta_{\max} - \eta_{\min}) \frac{\sin \varphi_2}{\cos(\varphi_2 - \gamma)} +$$

$$+ \delta \tau t s \tau \frac{\cos(\eta_{\max} - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \eta_{\max} - \gamma) \cos(\varphi_2 - \gamma)} \cdot \quad (13)$$

Таким образом, колебания силы резания, возмущающей систему СПИД, имеют фрикционную природу, обусловленную зонами локализации пластической деформации.

Л и т е р а т у р а

1. Молочков А.В. Экспериментальные и теоретические исследования пластических деформаций в зоне стружкообразования. - В сб.: Новая техника и прогрессивная технология. Минск, 1969. 2. Молочков А.В. Уравнение внешнего трения при стружкообразовании. - В сб.: Мат-лы IУ науч.-техн. конф. Минск, 1969. 3. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. Т. 1. М., 1960. 4. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. М., 1954. 5. Молочков А.В., Пацкевич В.А. Высокочастотные вибрации при точении. - Станки и инструмент, 1972, №7. 6. Молочков А.В. Анализ теоретических уравнений силы резания. - В сб.: Мат-лы УI науч.-техн. конф. Могилев, 1969.

УДК 621.951

Э.М.Дечко, М.А.Корниевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ШНЕКОВОГО СВЕРЛА ПО МЕТОДУ БОКСА - УИЛСОНА

Оптимизация независимых переменных факторов по методу Бокса - Уилсона заключается в использовании линейного уравнения регрессии, полученного с помощью полного факторного эксперимента или дробной реплики. Движение по градиенту осуществляется при одновременном варьировании всех факторов.

В нашем случае геометрические параметры сверла изменялись в следующих пределах: $2\varphi = 107...133^\circ$, $2\varphi_0 = 65...95^\circ$, $\gamma = 5...19^\circ$, $\alpha_0 = 9...21^\circ$, $\tau = 3...11^\circ$. В качестве выходного параметра принималась стойкость инструмента. Критерий оптимизации - износ по задней поверхности сверла, равный 0,25 мм.

Основные уровни геометрических параметров принимались на основании анализа литературных данных и промышленного опы-