

УДК 621.9.04:621.9.01

Г. А. НАЛЯН

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ КРУГОВОМ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

Рассмотрены вопросы обработки хрупких материалов (например, углеграфита) инструментом с абразивной рабочей поверхностью или металлическим инструментом с рабочей поверхностью, полученной грубой электроэрозионной обработкой. Инструменту сообщается поступательное круговое движение относительно обрабатываемой поверхности.

Используя аналогию между процессами внедрения и царапания твердого индентера и рассматриваемым процессом обработки, получена зависимость величины силы внедрения инструмента от поверхности инструмента, твердости обрабатываемого материала и величины внедрения.

Проведена экспериментальная проверка полученных зависимостей.

Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

Պրատիկում է փորձուհ նյութերի մշակման դեպքը, երբ գործիքը ունի հղկանյութային բաժնիքովան մակերևույթ կամ մետաղական գործիքի բաժնիքովան մակերևույթը ստացանել է էլեկտրոէրոզիոն կոպիտ մշակման հետևանքով: Գործիքին մշակվող մակերևույթի նկատմամբ ճաղարկում է ճամբնիաց շրջանային շարժում: Օգտագործելով կարծր խրիչի ներխրման և քրծման գործընթացի և փտարկվող գործընթացների նմանությունը, ստացված է գործիքի ներխրման ուժի կախվածությունը գործիքի մակերևույթից, մշակվող նյութի կարծրությունից և ներխրման մեծությունից:

Վստարված է ստացված արտահայտությունների փորձնական ստուգումը:

При эквидистантном копировании сложнопрофильных углеграфитовых электродов инструментом с абразивной поверхностью, совершая поступательное круговое движение (ПКД), внедряется в обрабатываемый материал [1]. Для изучения особенностей процесса обработки плоских поверхностей рассмотрим схему на рис. 1. Обрабатываемый материал 1 установлен на планшайбе 2, совершающей поступательное круговое движение радиусом r , а абразивный инструмент 3 внедряется в материал силой P_y . В качестве абразивного инструмента может служить также и металлический инструмент, на рабочей поверхности которого имеется твердый слой с шероховатостью в виде гребешков (например, от грубой электроэрозионной обработки). При твердости острых вершин гребешков поверхности инструмента, большей твердости обрабатываемого материала в (1,7—2) раза, работу каждой острой вершины можно рассматривать как внедрение твердого индентера в менее твердый материал.

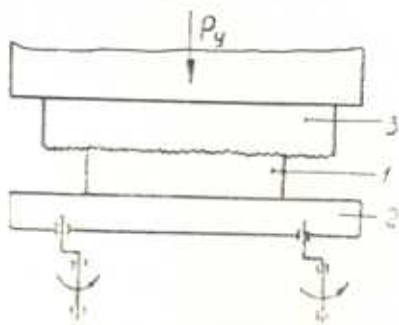


Рис. 1. Схема обработки торцевой поверхности при ПКД.

Схема царапания поверхности материала инструментом в виде плоской гребенки с зубьями одинакового шага t и углов показана на рис. 2. Гребенка 1—5 инструмента внедряется в обрабатываемую поверхность, занимая через $\frac{1}{2}$ колебания положения 1'—5', а через одно колебание — 1''—5''. При внедрении гребенки за одно колебание на глубину h по предварительному следу сечение среза при ПКД можно определить как $S_{ПКД} = S_{ABEFGD}$. При сообщении гребенке прямолинейного возвратно-поступательного движения при той же величине внедрения, сечение среза равно $S_{пр} = 2S_{ПКД}$. Как следует из рис. 2, $S_{пр} = 2S_{ПКД}$.

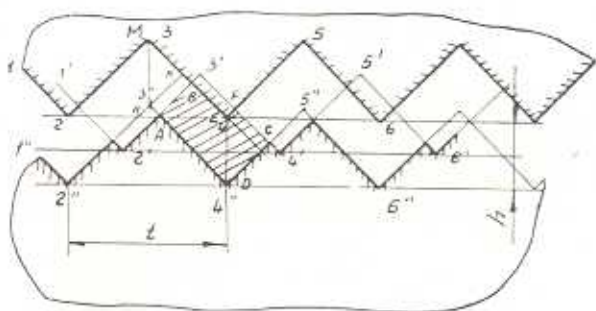


Рис. 2. Схема определения сечения среза при ПКД.

Следовательно, при одинаковой величине внедрения величина тангенциальной силы царапания при ПКД будет вдвое меньше, чем при прямолинейном движении.

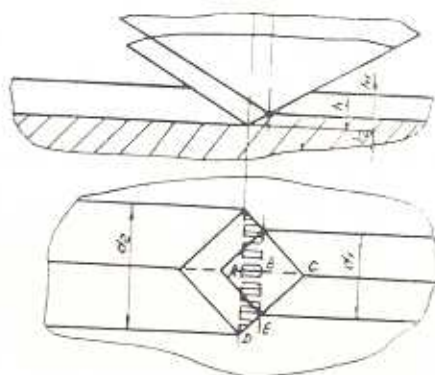


Рис. 3. Схема повторного царапания по следу.

Рассмотрим вопрос царапания единичным зерном при прямолинейном многократном повторном царапании по следу. Пусть зерно, имеющее форму пирамиды, под действием силы P_y предварительно оставило царапину глубиной h_1 и величиной диагонального отпечатка d_1 (рис. 3). При этом, согласно [2]

$$h_1 = \frac{4P_y}{d_1^2}. \quad (1)$$

При следующем ходе по царапине при той же нагрузке P_y зерно углубляется дополнительно на глубину h_2 . Так как площадь опорной поверхности определяется нагрузкой и твердостью материала, то новая опорная поверхность ($S = 2S_{\text{АВЕД}}$) должна равняться величине $d_1^2/4$. Если диагональ первого отпечатка d_1 , а второго — d_2 , то получим

$$d_2 = \sqrt{2} d_1 \text{ или } h_2 = \sqrt{2} h_1. \quad (2)$$

При многократном царапании одним зерном глубина n -ого внедрения определится по формуле

$$h_n = 0,4^{n-1} h_1. \quad (3)$$

При многократном царапании многозубым инструментом глубина повторных внедрений остается постоянной, т. к. соседние зубья будут снижать общий уровень поверхности и каждый раз царапание произойдет как при $n=2$. При внедрении твердой шероховатой поверхности в обрабатываемый материал для каждого гребешка поверхности можем написать соотношение

$$H_v = \frac{P}{F_{\text{пр}}},$$

где H_v — твердость обрабатываемого материала по Виккерсу; $F_{\text{пр}}$ — площадь проекции отпечатка.

Общая площадь проекции всех отпечатков при вдавливании всех гребешков составляет

$$F_{\text{пр. об.}} = \sum_{i=1}^N k_i F_{\text{пр. min}} = F_{\text{пр. min}} \sum_{i=1}^N k_i,$$

а общая сила вдавливания будет

$$P = \sum_{i=1}^N k_i P_{\text{min}} = P_{\text{min}} \sum_{i=1}^N k_i,$$

где $F_{\text{пр. min}}$ и P_{min} — величины проекции поверхности отпечатка наименее внедренного гребешка и соответствующая ей минимальная сила вдавливания

$$k_i = \frac{F_{\text{пр. } i}}{F_{\text{пр. min}}},$$

k_i — коэффициенты пропорциональности, $F_{\text{пр. } i}$ — величина проекции поверхности отпечатка i -го острия, N — число вдавливаемых в обрабатываемую поверхность режущих элементов.

Можно записать, что

$$\frac{P_{\text{min}}}{F_{\text{пр. min}}} = \frac{P}{F_{\text{пр. об}}} = H_v. \quad (4)$$

Характер внедрения твердой шероховатой поверхности инструмента в поверхность заготовки зависит от геометрической формы единичного выступа и взаимного расположения этих выступов по поверхности инструмента в различных сечениях профиля этой поверхности. Это выражается функцией опорной кривой, начальная часть которой имеет вид [3]

$$\eta_s = \frac{F_h}{F_{об}} = b \varepsilon_{max}^v, \quad (5)$$

где F_h , $F_{об}$ — общая площадь сечений выступов на уровне h от вершин и рассматриваемого участка

$$\varepsilon_{max} = \frac{h}{R_{max}}, \quad (6)$$

R_{max} — наибольшая высота шероховатости поверхности инструмента. Величины b и v зависят от характера шероховатости и определяются экспериментально. При внедрении инструмента на величину h в обрабатываемую поверхность величина F_h будет равна $F_{пр.об}$, следовательно, можем написать

$$F_{пр.об} = F_{об} b \varepsilon_{max}^v. \quad (7)$$

Совместно решая (4) — (7), можно определить величину h внедрения неподвижного инструмента в обрабатываемую поверхность

$$h = \left(\frac{P}{F_{об} b H_v} \right)^{1/v} R_{max}. \quad (8)$$

При одновременном движении инструмента относительно обрабатываемого изделия по ПКД глубина внедрения при повторном царапании уменьшается, следовательно, получим

$$h = 0,4 R_{max} \left(\frac{P}{F_{об} b H_v} \right)^{1/v}. \quad (9)$$

Учитывая, что при царапании сила внедрения вдвое меньше силы при внедрении на ту же глубину без царапания [3] и что при ПКД инструмента сечение среза уменьшается вдвое, окончательно получаем зависимость силы внедрения от глубины внедрения и параметров шероховатости поверхности инструмента в виде

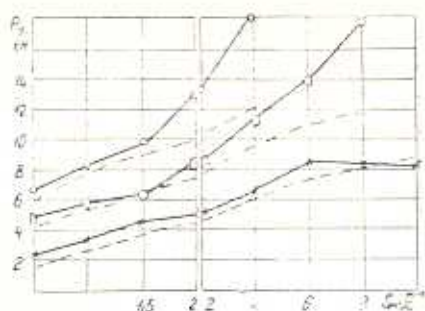
$$P = \left(\frac{h}{0,4 R_{max}} \right)^v \frac{F_{об} b H_v}{4}. \quad (10)$$

Проведена экспериментальная проверка полученной зависимости (10). Эксперименты проводились на эквидистантно-копировальном станке при обработке угля графита марки МПГ при обработке торцовой поверхности с площадью $F = 10^{-4} \text{ м}^2$ металлическими инструментами. Рабочие поверхности этих инструментов получены при ЭЗО. Ве-

личины шероховатости рабочих поверхностей инструментов составляют соответственно $R_z=0,2, 0,4$ и $0,8$ м. Обработка производилась при малых ($S_m=0,5, 1, 1,5, 2$ мм/мин) и больших ($S_m=2, 4, 6, 8$ мм/мин) значениях подачи. Число колебаний планшайбы $n=500$ кол/мин. Периодичность отвода инструмента для вымывания отходов обработки одинакова для всех инструментов. Все эксперименты проводились на одной углеграфитовой заготовке.

На рис. 4 показаны графики зависимости $P_y=f(S_m)$ для экспериментальных и расчетных значений при $H_v=1000$ МПа. При обработке инструментом с $R_z=0,2$ мм, уже при $S_m=2$ мм/мин резко увеличивается величина вдавливающей силы, что является следствием быстрого засаливания инструмента. То же самое наблюдается и для инструмента с $R_z=0,4$ мм при $S_m=6$ мм/мин.

Рис. 4. Зависимость величины силы P_y от осевой подачи S_m для различных инструментов (○— $R_z=0,2$ мм; □— $R_z=0,4$ мм; ×— $R_z=0,8$ мм; - - - - теоретическая кривая).



Таким образом, рассмотрение кинематических и динамических особенностей формообразования при внедрении инструмента своей шероховатой поверхностью в хрупкий материал (типа графита) при одновременном совершении ПКД позволило выявить сущность процесса обработки и формообразования инструмента от различных параметров шероховатости инструмента, величины поверхности обработки и твердости обрабатываемого материала. Результаты экспериментов подтверждают полученные зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налян Г. А. Возможности применения эквидистантного копирования при обработке сложнопрофильных деталей // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1985.—Т. XXXVIII, № 1.—С. 13—18.
2. Григорович В. К. К методике определения микротвердости царапанием // Склеомеретрия.—М.: Наука, 1968.—С. 44—50.
3. Демкин Н. Б., Рыжов Э. В. Качество поверхности и контакт деталей машин.—М.: Машиностроение, 1981.—243 с.