

Таким образом, использование отходов переработки растительных масел (жирового гудрона) позволяет получить высокоэффективные технологические смазочные материалы для обработки металлов давлением и смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием, обеспечивающие высокое качество обработки материалов. Так как основу этих технологических сред составляют отходы пищевой промышленности, то они не дороги, не токсичны и экологически безопасны. Промышленное производство разработанных ТС и СОЖ организовано на Гомельском жировом комбинате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курчик Н.Н., Вайншток В.В., Шехтер Ю.Н. Смазочные материалы для обработки металлов резанием (состав, свойства, основы производства). – М.: Химия, 1972. – 230 с.
2. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2 кн. / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Смуругов В.А., Русый В.Х., Шелобод Л.И. и др. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для операций холодной вытяжки труднодеформируемых металлов // Трение и износ. – 1996. – №5. – С. 694-698.
4. Wan Y., Yao W., Ye X., Coo L., Shen G. Tribological performance and action mechanism of certain S, N, heterocyclic compounds as the potential lubricating oil additives/Abstracts of papers from "World Tribology Congress". London, 1997. – 471 p.
5. Патент РФ № 2177981, МКИ С 10 М 165/00. Смазка для обработки металлов давлением/Читаев Ю.Д., Мальхин Ю.Ф., Злотников И.И. и др. Бюл. № 1, 2002.
6. Патент РФ № 2177983, МКИ С 10 М 173/00. Смазочно-охлаждающая жидкость для обработки металлов резанием / Читаев Ю.Д., Мальхин Ю.Ф., Злотников И.И. и др. Бюл. № 1, 2002.
7. Годлевский В.А., Волков А.В., Латышев В.Н., Маурин А.И. Модель смазочного действия растворов ПАВ при резании // Трение и износ. – 1996. – №3. – С. 345 – 351.

УДК 621.9

А.И. Кочергин, А.В. Ажар

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОСЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Комбинированные режущие инструменты являются важнейшим средством концентрации технологических операций на агрегатных станках и служат для последовательной обработки одной поверхности или одновременной обработки нескольких поверхностей. Работа такими инструментами позволяет сократить машинное и вспо-

множительное время в 1,5-2 раза, уменьшить потребное количество станков, номенклатуру инструмента и приспособлений, а также дает возможность использовать более простое и менее точное оборудование для выполнения сложной и точной работы.[1]

Однако по ряду причин применение комбинированного инструмента ограничено.

Целью данных исследований является анализ использования комбинированного инструмента, структуры и состава инструментальных наладок оборудования массового и крупносерийного производства и оптимизация условий эксплуатации наиболее распространенных инструментов с учетом условия равной или кратной стойкости работы ступеней.

1. Анализ использования комбинированных осевых инструментов.

Были рассмотрены 102 инструментальные наладки для обработки корпусных деталей, используемые на агрегатных станках AM1860-AM1800, разработанных СКБАЛ в период с 1993г. по 2000г. Сбор данных велся по расчетно-технологическим картам. Было исследовано 2240 осевых инструмента, из которых 360 – комбинированные.

Результаты.

Комбинированный осевой инструмент не находит широкого распространения в массовом и крупносерийном производстве (рис.1).



Рис.1.Соотношение количества комбинированного и стандартного инструмента

Анализ использования комбинированного инструмента показал, что чаще всего используется инструмент для обработки отверстий с фаской (рис.2).



Рис.2.Тип комбинированного инструмента

Наиболее широко (в 97% случаев) используется 2-3-х ступенчатый комбинированный инструмент.

Многофункциональный комбинированный инструмент (например, сверло-зенкер) используется реже (46% случаев) одно-функционального.

В качестве инструментального материала чаще используется быстрорежущая сталь (77% случаев).

Инструменты, ступени которых вступают в работу одновременно, встречаются редко, несмотря на существенное сокращение времени обработки при их использовании (рис.3).

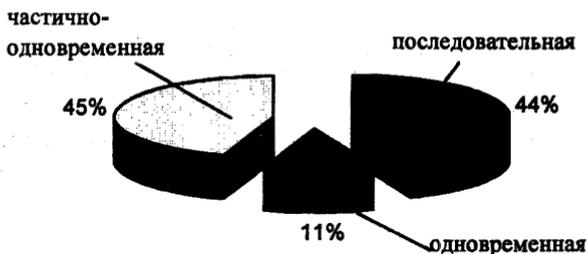


Рис.3. Характер работы ступеней

Чаще используется инструмент с отношением диаметров ступеней $D_{max}/D_{min}=1.1..1.5$ и отношением длин резания ступенями $L_{max}/L_{min}=6..15$, что связано с преобладанием в наладках зенкеров-зенковок для обработки отверстий с фасками.

Редко (в 15% случаях) используется комбинированный инструмент с возможностью регулирования режимов резания при переходе от одной ступени обработки к другой, что связано с особенностями конструкции приводов силовых узлов агрегатных станков.

Выводы.

Ограниченное применение комбинированного осевого инструмента обусловлено рядом субъективных и объективных причин: сложностью изготовления из-за специальной формы, низкой жесткостью в связи с увеличением суммарной длины резания при последовательной работе ступеней, сложностью оптимизации и не полным использованием ресурса инструмента, необходимостью применения специальных конструкций силовых узлов для обеспечения возможности регулирования режимов резания для разных ступеней, повышенной стоимостью этих инструментов.

Для более широкого внедрения в производство высокопроизводительного комбинированного инструмента необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

-создавать модульные сборные конструкции и, по возможности, унифицировать комбинированный инструмент (в частности, для обработки отверстий с фасками и отверстий под резьбу);

-использовать специальные элементы для уменьшения вибраций (например, виброгасящие патроны в расточных головках), а также новые способы присоединения и передачи крутящего момента (некруглые валы);

-шире использовать твердосплавные материалы, многогранные непередаваемые пластины;

-при назначении режимов резания необходимо учитывать не только отношение диаметров ступеней, но и длину резания, а также вероятностный характер отказов элементов инструмента;

-с целью максимального использования ресурса инструмента при последовательной работе ступеней обеспечивать возможность регулирования режимов резания. При одновременной работе ступеней осуществлять оптимизацию на этапе проектирования инструмента за счет выбора материала режущей части, изменения геометрии, разбиения припуска по ступеням, в крайнем случае, за счет принятия компромиссного решения при минимизации приведенных затрат.

2. Оптимизация условий эксплуатации типовых комбинированных осевых инструментов с учетом условия равной или кратной стойкости работы ступеней.

Как показывает существующая практика, не полное использование ресурса комбинированного инструмента вызвано не только кинематическими ограничениями приводов, но также несовершенством методов выбора конструкции инструмента на этапе проектирования и назначения оптимальных режимов обработки на этапе эксплуатации.

Методика

При оптимизации режимов резания с учетом требования полного использования ресурса комбинированного инструмента на выбранный критерий оптимизации (производительность, себестоимость, приведенные затраты, показатель затрат на эксплуатацию инструмента) накладывается условие равной стойкости:

$$\begin{aligned} T_1(v_1, S_1, t_1, \sigma_{B1}, \gamma_1, \alpha_1, \lambda_1, \dots) &= T_2(v_2, S_2, t_2, \sigma_{B2}, \gamma_2, \alpha_2, \lambda_2, \dots) = \dots \\ &= T_n(v_n, S_n, t_n, \sigma_{Bn}, \gamma_n, \alpha_n, \lambda_n, \dots) \end{aligned} \quad (1)$$

где $v_i, S_i, t_i, \sigma_{Bi}, \gamma_i, \alpha_i, \lambda_i$ - режимные и конструктивные переменные процесса резания; $1, 2, \dots, n$ - число ступеней (элементов) инструмента.

Для случая обработки поверхности двухступенчатым одно-функциональным осевым инструментом с заданным распределением припуска между ступенями и

возможностью регулирования только скорости резания и подачи функция (1) примет вид:

$$T_1(v_1, S_1) = T_2(v_2, S_2), \quad (2)$$

где v_1, v_2 – соответственно, скорость резания при работе первой и второй ступени инструмента, м/мин; S_1, S_2 – соответственно, подача для первой и второй ступени, мм/об.

При последовательной работе ступеней комбинированного инструмента в зависимости от кинематических возможностей приводов станка возможны следующие варианты:

1. частота вращения шпинделя может изменяться при переходе от одной ступени обработки к другой: $n_1, n_2 - \text{var}$; подача – величина постоянная: $S_1 = S_2$;
2. $n_1 = n_2$; $S_1, S_2 - \text{var}$;
3. $n_1, n_2 - \text{var}$; $S_1, S_2 - \text{var}$;
4. $n_1 = n_2$; $S_1 = S_2$

При наложении кинематических ограничений по последнему условию добиться максимального использования ресурса инструмента путем выбора режимов резания невозможно. В данном случае в функцию (2) необходимо вводить другие переменные, определяющие конструкцию инструмента на этапе проектирования (физико-механические характеристики инструментального материала, геометрию и форму режущей части и т.д.), либо назначать режимы с учетом компромиссной функции, позволяющей в равной степени не полностью использовать ресурс инструмента.

Третий вариант позволяет наиболее полно использовать ресурс инструмента за счет наиболее рационального выбора режимов обработки без дополнительных ограничений.

Рассмотрим, первые два варианта. При этом следует учесть, что стойкость инструмента может быть выражена:

- в минутах машинного времени, либо в минутах резания;
- в метрах обработанной поверхности;
- числом заготовок (поверхностей), обработанных за период стойкости.

При рассмотрении условия (2) задание стойкости в минутах времени резания неприемлемо. В метрах обработанной поверхности стойкость можно задать только тогда, когда длина резания ступенями инструмента одинакова. В случае неравенства пути резания ступенями инструмента среднюю наработку между отказами следует задавать числом заготовок (поверхностей), обработанных за период стойкости

Как известно, зависимости стойкости от параметров режимов резания для осевых инструментов из различных инструментальных материалов при обработке металлов и сплавов носят нелинейный характер. Эти зависимости с достаточной степенью достоверности описываются: степенными функциями, произведением степенных

и показательных функций, логарифмическими полиномами второго порядка и т.д.[2,3].

Воспользуемся степенной зависимостью, используемой [4] для описания стойкости осевого инструмента, мин:

$$T = \sqrt[m]{\frac{C_v * D^q * K_v}{v * t^x * S^y}}, \quad (3)$$

где v , t , S , D – соответственно скорость резания, м/мин; глубина резания, мм; подача мм/об; диаметр инструмента, мм; C_v – коэффициент, учитывающий условия работы инструмента, принятые в справочнике за основу; K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу; x , y , q , m – показатели степени, зависящие от условий обработки.

Для определения стойкости в метрах обработанной поверхности можно воспользоваться формулой, м:

$$L = n * S * T, \quad (4)$$

где $n = \frac{1000 * v}{\pi * D}$ – частота вращения инструмента, мин⁻¹.

При задании стойкости числом заготовок (поверхностей), обработанных за период безотказной работы инструмента можно воспользоваться зависимостью, штук:

$$N = \frac{L}{l}, \quad (5)$$

где l – длина резания при обработке заготовки, м.

В случае равенства длин резания ступенями комбинированного инструмента подставим (3) в (4). Рассматривая каждую ступень комбинированного инструмента как отдельный инструмент, имеем:

$$\frac{v_1 * S_1}{D_1} * \sqrt[m]{\frac{D_1^q}{v_1 * t_1^x * S_1^y}} = \frac{v_2 * S_2}{D_2} * \sqrt[m]{\frac{D_2^q}{v_2 * t_2^x * S_2^y}}, \quad (6)$$

Осуществив ряд преобразований, в соответствии с условием $S_1 = S_2$, имеем:

$$v_2 = v_1 * \sqrt[m]{k^{m-q} * a^x}, \quad (7)$$

где $k = \frac{D_2}{D_1}$ – отношение диаметров ступеней инструмента; $a = \frac{t_2}{t_1}$ – отношение величин припуска снимаемого каждой ступенью инструмента.

В случае $v_1 = v_2$, имеем:

$$S_2 = S_1 * \sqrt[m]{k^{m-q} * a^x}, \quad (8)$$

Одна из переменных в (7) и (8) должна быть задана. Ее величина в соответствии с существующими методиками задается максимально допустимой для данных условий обработки с учетом имеющихся ограничений.

В случае неравенства длин обработки для выравнивания стойкости ступеней следует воспользоваться выражением:

$$\frac{L_1}{l_1} = \frac{L_2}{l_2}, \quad (9)$$

где L_1, L_2 - соответственно стойкость первой и второй ступени инструмента, м;
 l_1, l_2 - соответственно длина резания первой и второй ступенями, м.

Подставив (4) в (9) и осуществив ряд преобразований в соответствии с (3), получим:

$$\frac{v_1 * S_1}{D_1 * l_1} * \sqrt[n]{\frac{D_1^q}{v_1 * t_1^x * S_1^y}} = \frac{v_2 * S_2}{D_2 * l_2} * \sqrt[n]{\frac{D_2^q}{v_2 * t_2^x * S_2^y}}, \quad (10)$$

Произведя ряд преобразований в соответствии с условием $S_1=S_2$, получим:

$$v_2 = v_1 * \sqrt[n]{k^{m-q} * b^m * a^x}, \quad (11)$$

В случае $v_1=v_2$ имеем:

$$S_2 = S_1 * b^{\frac{1-y}{m}} * \sqrt[n]{k^{m-q} * a^x}, \quad (12)$$

Пример

Рассмотрим применение предложенной методики на примере наиболее распространенного комбинированного инструмента зенкер-зенковка для обработки отверстия с фаской. Расчет будем производить по данным табл.1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета режимов резания комбинированным инструментом

Номер ступени	Диаметр D, мм	Глубина резания t, мм	Длина резания l, мм	Инструментальный материал	Обрабатываемый материал
1	24,8	1,0	49	P6M5	Сталь 45
2	25,55	0,4	3,1	P6M5	Сталь 45

Режимы резания, применяемые при использовании этого инструмента на практике, приведены в табл.2

Таблица 2

Режимы резания при обработке отверстия с фаской зенкером-зенковкой

Номер ступени	Скорость резания V, м/мин	Подача S, мм/об	Частота вращения n, об/мин
1	11,7	0,31	150
2	12	0,31	150

Данные режимы назначены в соответствии с рекомендациями [5]. Регулирование частоты вращения шпинделя и подачи при переходе от одной ступени обработки к другой не предусмотрено.

В случае, когда $n_1, n_2 - \text{var}$; $S_1=S_2$, а $l_1 \neq l_2$ для определения неизвестных режимных параметров воспользуемся зависимостью (11).

По [4] найдем значения коэффициентов и показателей степеней:

$$m=0,3; x=0,2; y=0,5; q=0,3; C_v=16,3; K_v=1$$

В соответствии с данными табл.2, примем: $S_1=S_2=0,31 \text{ мм/об}$; $v_1=11,7 \text{ м/мин}$.

В результате расчета, получим: $k=1,03$; $b=0,063$; $a=0,4$.

Тогда,

$$v_2 = 11,7 * \sqrt[1,03^{0,3-0,3} * 0,063^{0,3} * 0,4^{0,2}] = 49,62 \text{ м/мин};$$

$$n_2 = \frac{1000 * 49,62}{3,14 * 25,5} = 618,14 \text{ мин}^{-1}.$$

Соответствие выбранных режимов резания условию равной стойкости для базового и нового варианта эксплуатации инструмента проверено по зависимостям (3 - 5). Результаты расчета сведены в табл.3

Таблица 3

Сравнение режимов резания по условию равной стойкости при эксплуатации зенкера-зенковки

Стойкость инструмента	Базовый вариант обработки: $n=\text{const}; S=\text{const}$	Новый вариант обработки: $n-\text{var}; S=\text{const}$
T_1 , мин:	527,46	527,46
T_2 , мин:	919,96	8,11
T_1/T_2	0,57	65,04
L_1 , м	24,53	24,53
L_2 , м	42,78	1,55
L_1/L_2	0,57	15,83
N_1 , штук	500	500
N_2 , штук	13799	500
N_1/N_2	0,036	1

Выводы.

Увеличение скорости резания при работе второй ступени инструмента обусловлено требованием к росту производительности процесса резания. Таким образом,

кроме выполнения условия равной стойкости (2) при увеличении скорости резания на второй ступени обработки очевиден рост производительности за счет уменьшения времени обработки.

При наличии ограничений, не позволяющих достичь равной стойкости за счет регулирования режимов резания, необходимо добиваться кратной стойкости. На этапе проектирования достичь равной стойкости ступеней инструмента можно путем изменения конструктивных характеристик инструмента: материала режущей части, формы и геометрии режущих пластин, распределения припуска между режущими лезвиями.

При видимом преимуществе регулирования режимов резания для ступеней типовых комбинированных инструментов в случае модернизации существующего технологического процесса необходим экономический анализ целесообразности изменения конструкции инструмента и (или) привода силового узла. Решение задачи упрощается при эксплуатации станков с бесступенчатыми приводами или приводами с многоступенчатыми коробками передач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черпаков Б.И. Эксплуатация автоматических линий. - М.: Машиностроение, 1978.- 248 с.
2. Старков В.К., Сергушев В.Н. Обобщенные статистические модели стойкости режущего инструмента// Вестник машиностроения.- 1979.- №6.- С.42-44.
3. Грановский Г.И. Обработка результатов экспериментальных исследований резания металлов.- М.: Машиностроение, 1982.- 112 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2./Под. ред. А.Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1986.- 496 с.
5. РТМ 193-87. Режимы резания. Минский СКБ АЛ. Альбом №16.

УДК 621.923

А.А. Лысов, А.С. Аршиков

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩЕГО СЛОЯ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

В связи с широким распространением новых конструкционных материалов повышенной твердости и износостойких покрытий важное значение приобретает проблема повышения эффективности и качества их финишной алмазно-абразивной обработки.