

УДК 621.923

©Емец Н.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧЕРНОГО ЭТАПА ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

1. Актуальность вопроса

На круглошлифовальных врезных станках, работающих по настройке, реализуется в основном двуступенчатый цикл, включающий черновую и чистовую подачи. На черновом этапе выполняется основной сьем металла. Величина этого съема зависит не только от принятой величины подачи, но и длительности участка врезания, определяемого жесткостью технологической системы станка.

В практике при назначении подачи, как правило, руководствуются рекомендациями, приведенными в [1]. Рекомендованные численные значения подач носят весьма укрупненный характер и колеблются в 2...3 раза. Что касается длительности участка врезания, то его можно сокращать применением в станках систем автоматического управления с различными алгоритмами управления (например, $P_y = \text{const}$, $S_\phi = \text{const}$ и другие). Эксплуатационные характеристики САУ (влияние на точность обработки, производительность) исследованы крайне мало [3]. Между

тем, как назначение оптимальной величины врезной подачи, так и обоснованный выбор алгоритма управления станком, реализуемый САУ, являются значительным резервом повышения производительности шлифования. В приведённой постановке они не исследовались.

2. Постановка задачи

Цель исследования:

- предложить метод выбора оптимальной черновой врезной подачи:

- обосновать выбор системы автоматического управления, обеспечивающей минимальное время (максимальную производительность) чернового этапа.

3. Изложение основного материала

Технологическая цель чернового этапа – обеспечить срезание большей части припуска за минимальное время. Это можно достичь принятием больших подач. Увеличение подачи приводит к сокращению времени на съём металла, хотя при не ограниченном увеличении подачи возникает ряд отрицательных моментов: повышенный износ шлифовального круга и связанное с этим ухудшение качества шлифования, дисбаланс круга, структурные изменения в материале детали, что в дальнейшем из-за дефектного слоя снижает её работоспособность.

Названные отрицательные последствия практически невозможно контролировать в производственных условиях, хотя некоторые из них поддаются исправлению.

Дефектный слой детали, например, возникший на черновом этапе удаляется при чистовом шлифовании, а дисбаланс шлифовального круга можно устранить лишь операцией «правка круга», время на которую соизмерено со временем цикла операции.

Представленное показывает, что выбор фактора, доминирующего при назначении подачи, является проблемным вопросом. Поэтому был рассмотрен, имеющиеся в литературе, информативный материал по связи врезной подачи с указанными отрицательными факторами. Оказалось, что многие зависимости носят чисто локальный характер и нельзя их рекомендовать в качестве обобщенных. Наиболее обширны материалы по связи подачи и характера износа шлифовальных кругов. Кроме того, следует учесть, что характер износа круга по влиянию на сопутствующие шлифованию явления носит интегральный характер. Поэтому в качестве фактора, ограничивающего величину черновой врезной подачи, рекомендуется принять вид ожидаемого износа круга. Нормативный материал по этому вопросу приведен в [2].

Как отмечалось ранее, время чернового этапа можно сократить за счет уменьшения длительности участка врезания, что можно решить применением САУ. Рассмотрим, какая из систем автоматического управления, наиболее часто используемых в

практике, $P_y = \text{const}$ или $S_\phi = \text{const}$ более эффективно влияет на продолжительность чернового этапа, т.е. производительность шлифования. В качестве исходного примем уравнение связи радиальной силы и врезной подачи.

Для САУ $P_y = \text{const}$:

$$P_{\text{укр}} = aS_{\phi i} + bt, \quad (1)$$

где $P_{\text{укр}}$ – критическая радиальная сила, принятая по [2] в соответствии с заданным видом износа шлифовального круга;

$S_{\phi i}$ – фактическая подача в i -тый момент времени;

t – время работы круга.

Поскольку система стабилизирует радиальную силу, то подача в процессе шлифования будет уменьшаться согласно уравнению:

$$S_{\phi i} = \frac{(P_{\text{укр}} - \epsilon t)^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}}. \quad (2)$$

$$\Pi = \int_{t_0}^{t_i} \frac{(P_{\text{укр}} - \epsilon t)^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}} dt = - \frac{n}{a^{\frac{1}{n}} \epsilon} \frac{(P_{\text{укр}} - \epsilon t)^{\frac{n+1}{n}}}{n+1} \Big|_{t_0}^{t_i} = \frac{n}{a^{\frac{1}{n}} (n+1) \epsilon} \left[P_{\text{укр}}^{\frac{n+1}{n}} - (P_{\text{укр}} - \epsilon t_1)^{\frac{n+1}{n}} \right]. \quad (3)$$

Припуск, снятый за промежуток времени от t_0 до t_1 , равен:

При этом принято, что $t_0 = 0$.

На основе полученной формулы можно рассчитать припуск, снятый при любом значении t , и затем, разделив его на припуск для одной детали, рассчитать производительность обработки. При

подсчете производительности необходимо также учесть время, затрачиваемое на установку заготовки и правку круга, которые связаны с размером партии деталей.

Число партий, обработанных за некоторый заданный фонд времени работы станка (смена, час, например) при $P_y = \text{const}$ равно:

$$K = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^{i=n_D} n_{Di} \cdot t_i + n_D \cdot t_{уст} + t_{прав}} \quad (4)$$

где Φ – расчетный фонд времени работы станка;

K – число партий деталей, обработанных за время Φ ;

n_D – число деталей в партии;

$t_{уст}$ – установочное время;

$t_{прав}$ – время затраченное на правку;

n_{Di} – i -тая деталь.

Производительность обработки выразится произведением $K \cdot n_D$.

При САУ $S_\phi = \text{const}$ радиальная сила от детали к детали растет.

Удельный прирост радиальной силы вследствие заступления

шлифовального круга составит: $\Delta D_\phi = \hat{a} \cdot t_A$,

где t_A – время шлифования одной детали;

\hat{a} – коэффициент затупления.

При достижении радиальной силы критического значения P_y необходимо выполнить правку круга. Число валов в партии в этом случае зависит от $S_{фприн}$ и $P_{укр}$.

Из соотношения (1) получим:

$$S_{\text{фронт}} = \sqrt[n]{\frac{P_{\text{усп}} - n_{\text{д}} \cdot v \cdot t_{\text{д}}}{a}}, \quad (5)$$

Большее принятие значения подачи приведет к обработке меньшего числа деталей из-за более быстрого достижения радиальной сил до критической.

Число партий деталей K , обработанных за время t при САУ $S_{\text{ф}} = \text{const}$, равно:

$$K = \frac{\Phi}{n_{\text{д}} \cdot \frac{\Pi}{S_{\text{фронт}}} + n_{\text{д}} \cdot y_{\text{уст}} + t_{\text{прив}}}. \quad (6)$$

Производительность шлифования при САУ $S_{\text{ф}} = \text{const}$, как и в предыдущем варианте, составит $K \cdot n_{\text{д}}$.

Проиллюстрируем методику определения производительности шлифования при использовании систем САУ на конкретном примере.

Исходные данные: выполняется операция врезного шлифования, материал заготовки – сталь 45, HRC 50...55, диаметр заготовки – 60 мм, ширина шлифования – 56 мм, шлифовальный круг 24A40C17K5.

Необходимо установить, какая из систем САУ, которыми может быть оснащен круглошлифовальный станок, $P_y = \text{const}$ или $S_{\text{ф}} = \text{const}$, обеспечивает максимальную производительность.

Согласно [2] для принятого шлифовального круга радиальная сила на один сантиметр линии реза не должен превосходить 10 кГс. В этом случае характер износа шлифовального круга – частичное

самозатачивание и частичное затупление, что характерно для черного этапа.

При использовании САУ $P_y = \text{const}$ расчеты выполнялись по уравнениями (1), (2), (3), (4). В качестве постоянных величин приняты: $a = 56$, и $n = 981$, $P = 56$ кгс, $n = 0,2$ мм, $v = 3,6$.

Результаты расчетов показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Производительность шлифования при $P_y = \text{const}$

B , коэффициент затупления	S_ϕ , мм/мин	t_l , время, мин	K , число партий за смену	n_d , число деталей в партии	$\hat{E} \cdot n_a$, производительность, шт
3,6	1	0,20 4			
3,51	0,97 5	0,20 6			
3,454	0,95 9	0,21			
3,397	0,94 3	0,21 3			
3,341	0,92 8	0,21 5			
3,285	0,91 2	0,21 9			
3,229	0,89 7	0,22 2			
3,172	0,88 1	0,22 7			
3,155	0,87 6	0,22 9			
3,098	0,86	0,23 4			

3,042	0,84 5	0,23 5			
2,987	0,82 9	0,23 8			
2,933	0,81 5	0,24 1			
2,879	0,79 9	0,24 3			
2,825	0,78 4	0,24 5			
2,772	0,77 7	0,24 7			
2,72	0,75 5	0,25			
2,669	0,74 1	0,25 2			
2,619	0,72 7	0,25 4			
2,569	0,71 3	0,25 6			

При использовании САУ $S_{\phi} = \text{const}$ расчеты выполнялись по уравнениям (5), (6).

Результаты расчетов показаны в табл. 2.

Таблица 2 – Производительность шлифования при $S_{\phi} = \text{const}$

$S_{\phi \text{прин}}$, мм/мин	K , число партий за смену	n_d , число деталей в партии, шт	$\hat{E} \cdot n_a$, производительность, шт
0,942	181	5	905
0,889	95,7	10	957
0,835	63	10	945
0,781	45,7	20	914

3. Выводы

Для оптимизации чернового этапа по параметру «производительность» целесообразно:

- выбор величины черновой подачи определять по ограничивающему критерию «характер износа шлифовального круга»;

- использовать САУ с $P_y = \text{const}$.

Список использованных источников

1. Справочник технолога машиностроителя : В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

2. Кенджаев Х. Х. Влияние затупления и износа шлифовального круга на производительность и точность обработки при круглом шлифовании : дис. ... канд. техн. наук. / Х. Х. Кенджаев. – 1960.

3. Михелькевич В. Н. Автоматическое управление шлифованием / В. Н. Михелькевич. – М. : Машиностроение, 1973. – 304 с.

Емец Н.В. «Оптимизация чернового этапа врезного шлифования».

В статье рассматривается вопрос оптимизации чернового этапа врезного шлифования по параметру «производительность обработки». Предлагается номинальную величину врезной подачи назначать на

основе взаємозв'язку характеру зносу шліфувального круга і її величини. Для скорочення тривалості ділянки врізання раціонально використовувати системи автоматичного керування. В статті дано порівняльний аналіз двох систем САУ з $P_y = \text{const}$ і $S_\phi = \text{const}$. Показано, що система з $P_y = \text{const}$ забезпечує більшу продуктивність. Матеріали статті можуть бути використані при проектуванні етапу врізного шліфування.

Ключевые слова: врізне шліфування, шліфувальний круг, «продуктивність обробки», автоматичне управління, чорновий етап.

Ємець М.В. «Оптимізація чорнового етапу врізного шліфування».

В статті розглядається питання оптимізації чорнового етапу врізного шліфування по параметру «продуктивність обробки». Запропоновано номінальну величину врізаної подачі призначити на основі взаємозв'язку її величини і характеру зносу шліфувального круга. Для скорочення тривалості ділянки врізання раціонально використовувати системи автоматичного керування. В статті поданий порівняльний аналіз двох систем $P_y = \text{const}$ і $S_\phi = \text{const}$. Показано, що система з $P_\phi = \text{const}$ забезпечує більшу продуктивність. Матеріали статті можуть бути використані при проектуванні чорнового етапу врізного шліфування.

Ключові слова: врізне шліфування, шліфувальний круг, «продуктивність обробки», автоматичне керування, чорновий етап.

Jemets N.W. “Perfecting of rough stage of in-feed grinding”.

The article is devoted the problem of perfecting of rough stage of in-feed grinding by index “chip production”. It is suggested the nominal of size of feed to set on the base of connection its size with nature of wear and tear of abrasive wheel. For reducing of duration of section of in-feeding it is worth while to use the systems of automatic operating.

In the article it has done comperative analysis of two systems: with $P_y = \text{const}$; $S_f = \text{const}$. It was shown that the systems with $P_y = \text{const}$ ensured more production. The results of this work can be used by projecting of rough stage of in-feed grinding.

Key words: in-feed grinding, abrasive wheel, “chip production”, automatic operating, rough stage.

Стаття надійшла до редакції 18 лютого 2009 р.