

$$\sigma_c = \frac{M_{\max}}{W},$$

где  $W$  – момент сопротивления минимального сечения лопатки;  
 $M_{\max}$  – максимальный изгибающий момент от действия силы сопротивления рабочей среды.

Определяют суммарные напряжения лопатки

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_y + \sigma_c = \frac{N_y}{F} + \frac{M_{\max}}{W}.$$

Начинают обработку лопатки, для чего к ней прикладывают напряжения, равные  $\sigma_{\Sigma}$  при этом усилие растяжения, приложенное к лопатке, делят на площадь ее минимального сечения.

Пример реализации способа обработки лопатки турбины 4 ступени:

минимальное сечение лопатки,  $F_{\text{л}} = 30 \text{ мм}^2$ ;

напряжения, вызванные центробежными силами,  $\sigma_y = 36 \text{ кг/мм}^2$ ;

напряжения, вызванные силами сопротивления рабочей среды,  $\sigma_c = 24 \text{ кг/мм}^2$ ;

суммарное напряжение в лопатке,  $\sigma_{\Sigma} = 24 + 36 = 60 \text{ кг/мм}^2$ ;

требуемое усилие растяжения в лопатке,  $P_{\text{раст}} = \sigma_{\Sigma} \cdot F_{\text{л}} = 60 \cdot 30 = 1800 \text{ кг}$ .

Применение предлагаемого метода обработки лопаток турбин позволяет повысить эксплуатационную надежность работы лопаток, что является весьма важным фактором, так как выход из строя одной лопатки приводит к авариям.

Технико-экономическая эффективность от внедрения такого метода обусловлена повышением надежности лопаток турбин. [3]

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кугультинов С.Д. Обработка резанием металлов, применяемых в ракетостроении. – М.: МГТУ, 2008 – 196с.
2. Бурсний В.А. и др. Обработка нежестких деталей приборов. – Мн.: Мин-скгиппроект, 1998 – 232с.
3. Ивашин Э.Я. и др. Способ обработки лопаток турбин. А.с. 1000217 СССР, опубл. в Б.И., 1983, №8

УДК 621.9

*Кочергин А.И., Ажар А.В., Ратько Е.Ф.*

### **АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ И ХАРАКТЕРА ПОВРЕЖДЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ**

*Белорусский национальный технический университет  
 Минск, Беларусь*

Исследование причин выхода из строя, характера повреждения, рассеивания величин износа сборных комбинированных осевых инструментов является одним из этапов комплексной работы по изучению и установлению критериев отказа многоэлементных сборных режущих инструментов в производственных условиях с учетом стохастического характера процесса обработки и организации инструментообеспечения [1, 2, 3].

Высокая стоимость комбинированных осевых инструментов требует принимать такой критерий смены, который позволил бы максимально использовать их ресурс в конкретных производственных условиях. Применять общепринятый критерий - заданную величину допустимого износа, в данном случае не представляется возможным, так как:

- режущие кромки, участвующие одновременно или последовательно в процессе резания, в разной степени влияют на общую стойкость инструмента, из-за разной величины сечения среза и режимов резания для различных ступеней;

- разброс механических свойств материала заготовок, состояния поверхностного слоя, припуска на обработку, качества пластин и параметров точности их установки в гнезда корпуса инструмента, переменные жесткость технологической системы и режимы резания приводят к разбросу величин износа граней либо поломке отдельных режущих пластин.

- на производстве в качестве причины смены инструмента часто используются как технологические критерии, например, допустимая погрешность обработки, так и условные показатели (в том числе и субъективные): характерный шум, вибрации станка, замена других инструментов наладки, перерыв на обед.

В данной работе выполнен анализ работоспособности комбинированных инструментов с СНП (сменными неперетачиваемыми пластинами) при обработке отверстий в корпусных деталях из серого чугуна в производственных условиях.

При этом необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать существующие конструкции комбинированных инструментов с СНП, применяемых для обработки отверстий;

- установить причины замены и исследовать состояние режущих кромок комбинированных инструментов в производственных условиях в момент съема со станка;

- определить критерий смены режущих пластин.

Исследование принципов замены и анализ состояния режущих граней многоступенчатых осевых инструментов с СНП проводились на Минском тракторном заводе, в механическом цеху №1, на участке механообработки "Корпуса" № 80- 1701025-А и муфты №80-1701025-В (рис.1).

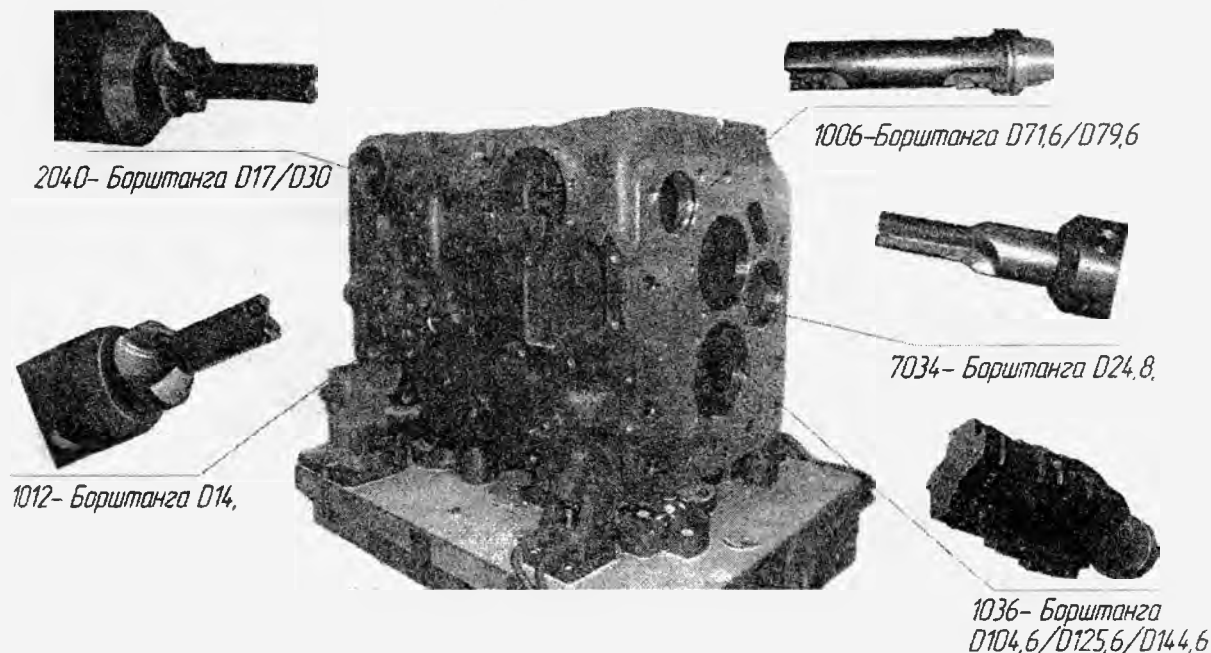


Рис. 1. Объекты исследования

Материал обрабатываемых деталей – серый чугун СЧ25 ГОСТ 1412-85; 170...240 НВ.  
Станок – SAS TCF 2.6.

В результате анализа технологического процесса механообработки “Корпуса” в качестве исследуемых были рассмотрены переходы с использованием комбинированных борштанг фирмы ‘Walter’ [4].

Характеристики объекта исследования рассмотрим на примере обработки крепежного отверстия  $\varnothing 14$  мм с фаской:

Инструмент: 1012- Борштанга D14, пластина LCMX 06T204-D57 WKP25 (рис. 1, 2);

Операция №20;

Количество граней - 4. Количество рабочих граней – 2;

Количество пластин на инструменте:  $z=3$ ;

Режимы резания:

Подача: минутная  $S_{мин}=398$  мм/мин; оборотная  $S_{об}=0.07$  мм/об;

Длина резания  $L_{рез}=97,5$  мм;

Скорость резания  $V=250$  м/мин;

Частота вращения инструмента  $n=5687$  мин<sup>-1</sup>;

Машинное время  $T_m=14,7$  сек;

Фактическая стойкость  $T_{ст}=5$  мин;

Щероховатость обработанной поверхности  $R_a 3.2$ .



Рис. 2. Виды повреждений пластин борштанга D14 при замене

Установлено, что основными причинами замены комбинированных инструментов являются:

- плановая замена после обработки заданного количества деталей;
- низкое качество обработанной поверхности;
- повышенная вибрация инструмента, сопровождаемая характерным шумом.

Характер повреждения режущих граней и их доля от общего количества отказавших пластин исследуемых комбинированных борштанг приведены на рис. 3 и в табл. 1.



Рис. 3. Диаграмма состояния режущих граней СНП LCMX 06T204-D57 WKP35 борштанги 1012 'Walter' в момент съема со станка. Операция 020. Обрабатываемая деталь 80-1701025-B

Таблица 1 – Виды повреждений режущих граней СНП в момент замены инструментов

Инструмент	Пластина	Характер повреждения граней	
		Износ по задней поверхности, %	Износ с выкрашиванием, %
2040 Борштанга	P28477-1 WKP25	90	10
1036 Борштанга	CCMT120408-PM5 WAK20	87	13
1006 Борштанга	CCMT120408-PM5 WAK20	89	11
7034 Борштанга	P28475-2 WKP35	92	8
1037 Микробор	WCGT040204-X5 WAK15	91	9

В результате анализа приведенных статистических данных установлено, что наиболее характерным видом повреждения режущих граней пластин в момент съема со станка является износ по задней поверхности (рис. 2, 4) [5, 6, 7]. Выкрашивание пластин происходит в основном из-за некачественного обрабатываемого материала.

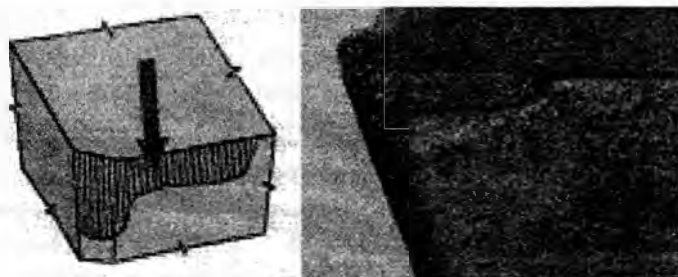


Рис. 4. Износ по задней поверхности

С целью сбора необходимых статистических данных и в дальнейшем определения количественного критерия отказа инструмента были произведены измерения износа СНП.

Используя линейную меру, износ по задней поверхности  $h_3$  измеряется, как показано на рисунке 5 [8]. Благодаря простоте и оперативности такое измерение износа на производстве нашло наибольшее применение. Обычно измерение размера  $h_3$  с достаточной степенью точности производится лупой, оснащенной шкалой. Измерение величины  $h_3$  может производиться в

любой точке лезвия режущей кромки, но чаще на участках с равновеликим износом вдоль лезвий или, же в местах наибольшего износа  $h_{3 \max}$  (рис.5).

В нашем случае измерения выполнялись при помощи лупы Бринелля со шкалой, имеющей цену деления 0,05 мм по приведенным выше рекомендациям.

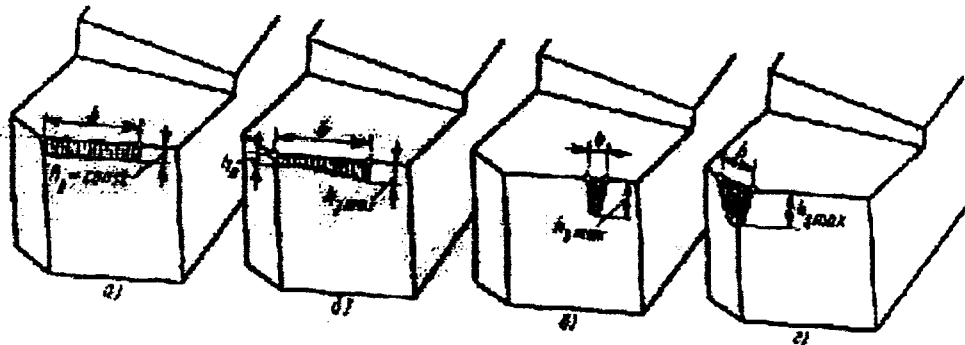


Рис. 5. Схемы измерения визуально наблюдаемых признаков износа лезвий:  
 а - равномерный износ по задней поверхности; б - неравномерный износ по задней поверхности;  
 в - местный износ задней поверхности; г - износ вершины резца на задней поверхности

В результате математической обработке экспериментальных данных были построены гистограммы распределения износа (рис.6) и определены величины среднего износа пластин по задней поверхности (табл. 2) [9, 10].

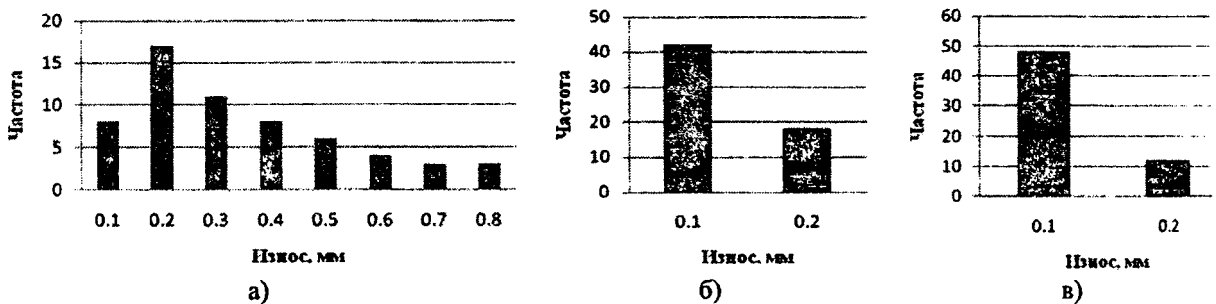


Рис. 6. Распределение износа пластин борштанги D14 мм:  
 а) периферийная пластина первой ступени; б) центральная пластина первой ступени; в) фасочная пластина второй ступени

Таблица 2 – Величины среднего износа СНП комбинированных борштанг

Инструмент	Пластина	Средний износ по задней поверхности $h_{\text{ср.зад.}}$ , мм		
		периферийная пластина (1-ая ступень)	центральная пластина (1-ая ступень)	фасочная пластина (2-ая ступень)
1012 Борштанга D14 мм	LCMX 06T204-D57 WKP25	0,45	0,15	0,13
7034 Борштанга D24,8 мм	P28475-2 WKP35	0,39	0,17	0,15

Из гистограммы распределения износа периферийных пластин по задней поверхности (рис. 6 а) следует, что эмпирическое распределение износа в первом приближении может быть аппроксимировано нормальным законом распределения случайных величин [10, 11]. Таким образом, средний износ по задней поверхности может являться объективным количественным критерием отказа комбинированного инструмента.

Выявлена разница величин среднего износа СНП, расположенных на разных ступенях комбинированного инструмента (табл. 2). Наибольшему износу подвержены пластины с наибольшим сечением среза и длиной пути резания обрабатываемой ступени. Пластины, распо-

женные на одной ступени, но разных диаметрах также подвержены разному износу. Большему износу подвержены пластины, расположенные на больших диаметрах инструмента и соответственно имеющие большую окружную скорость при резании. Смена всех пластин инструмента регламентируется отказом наиболее нагруженной, что приводит к недоиспользованию ресурса остальных.

В рассмотренных примерах, при обработке крепежных отверстий комбинированными борштангами, лимитирующей является периферийная пластина 1-ой ступени. Центральные и фасочные пластины подвержены меньшему износу (рис. 6 б, в, табл. 2), что свидетельствует о не полном использовании их режущих способностей при замене.

Выводы:

- На производстве основным критерием замены комбинированных осевых инструментов является технологический - регламентированная замена через определенное количество деталей.

- Анализ состояния режущих пластин показал, что основной вид отказа при замене комбинированного инструмента - износ по задней поверхности. Наибольшее его значение наблюдается на периферийной пластине первой ступени, что связано с наиболее нагруженными условиями ее работы.

- Выявлен разброс значений износа в момент замены инструмента, что связано в первую очередь с разбросом механических свойств и качества поверхности материала заготовок, а также с возможностью нерегламентированной замены инструмента.

- Средний износ по задней поверхности может являться объективным количественным критерием отказа комбинированного инструмента.

- Величина среднего износа наиболее нагруженной пластины составляет  $\approx 50\%$  от допустимой величины, что является запасом для назначения нового регламента замены инструмента [12].

- Обеспечить повышение ресурса сборного комбинированного инструмента можно несколькими путями: конструкторскими, технологическими, организационно-техническими. Так при выявлении лимитирующей пластины на этапе проектирования можно использовать более прочный и износостойкий сплав, выбрать по возможности пластину большего габарита, с большим углом при вершине и числом режущих граней. На этапе технологической подготовки производства требуемого результата можно достичь за счет назначения оптимальных режимов резания на каждой ступени инструмента. При организации плановой замены необходимо назначать такой регламент, который обеспечивал бы достижение допустимой величины износа с учетом возможного разброса его значений, а также применять стратегию отдельной замены пластин с учетом кратности их использования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ажар А.В., Грошева А.И., Ермоленко А.А. Исследование состояния рабочих граней твердосплавных пластин торцовых фрез на производстве в момент съема со станка // *Машиностроение*. – Мн., 2005. – Вып. 21. – С.49-54.
  2. Ажар А.В., Дечко Э.М., Кочергин А.И., Ермоленко А.А. Исследование работоспособности червячных модульных фрез в производственных условиях // *Машиностроение*. – Мн., 2006. – Вып. 22. – С. 58-62.
  3. Ажар А.В., Ермакович И.В., Ратько Е.Ф. Исследование параметров работоспособности высокопроизводительных сборных торцовых фрез диаметром 125 и 160 мм при обработке корпусных деталей трактора МТЗ на станках с ЧПУ // *Машиностроение*. – Мн., 2009. Вып. 25. – С. 262-270.
  4. Каталог режущих инструментов фирмы WALTER 2002-2003.
  5. Ящерицын П.И. Теория резания: учеб./ П.И. Ящерицын, Е.Э Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Мн.: Новое знание, 2005. – 512с., ил. 6. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1966. – 264с.
  7. Хае Г.Л. Прочность режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1975. – 168 с., ил. 8. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытание режущего инструмента на стойкость. – М.: Машиностроение, 1985. – 136с.
  9. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
  10. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности – М.: издательство «Советское радио», 1962. – 552 с.
  11. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 368 с., ил.
  12. Волович В.А. Нормирование расхода режущего инструмента в машиностроении: Справочник/ В.А. Волович, А.Ф. Керженцев, И.Г. Филатов.- Мн.: Беларусь, 1989.- 176с.
- УДК 621.9