

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЁЖНОСТИ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА

Клименко Г. П.

Разработана иерархическая система свойств, составляющих качества многолезвийных сборных инструментов. Исследована износостойкость фрез с пластинами, изготовленными разными фирмами. На основании теории надёжности получены математические зависимости для определения стратегии замены отказавших режущих зубьев, в зависимости от требуемого уровня надёжности. Получены математические модели для расчета уровня надёжности сборных фрез. Обоснована стратегия замены режущих инструментов. Применение полученных моделей даёт возможность снизить расходы на дефицитные инструментальные материалы. Результаты работы внедрены на машиностроительном предприятии.

Розроблена ієрархічна система властивостей, складових якості багатолезових збірних інструментів. Досліджена зносостійкість фрез з пластинами, виготовленими різними фірмами. На підставі теорії надійності отримані математичні залежності для визначення стратегії заміни ріжучих зубів, що відмовили, залежно від необхідного рівня надійності. Отримані математичні моделі для розрахунку рівня надійності збірних фрез. Обґрунтована стратегія заміни ріжучих інструментів. Застосування отриманих моделей дає можливість знизити витрати на дефіцитні інструментальні матеріали. Результати роботи впроваджено на машинобудівному підприємстві.

A hierarchical system of properties that makes up the quality multiblade assorted tools has been developed. The wear resistance of cutters with plates, manufactured by various companies has been investigated. On the basis of reliability theory the mathematical relationships have been derived to determine a strategy for replacing faulty cutting teeth, depending on the desired level of the reliability. The mathematical model for calculating the reliability of assorted cutters has been got. The strategies of changing of the cutting tools have been substantiated. The application of the model makes it possible to reduce the cost of scarce tool materials. The results of the work introduced in the manufacture of machinery.

Клименко Г. П.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой АПП ДГМА

app@dgma.donetsk.ua

УДК 621. 9. 02

Клименко Г. П.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЁЖНОСТИ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Эффективность металлообработки в значительной степени определяется качеством режущего инструмента, повышение уровня которого приводит к повышению производительности и к экономии инструментальных материалов.

Для количественной оценки качества сборных твердосплавных фрез был использован квалиметрический подход, который позволил сравнивать уровень качества различных конструкций сборных фрез, работающих в одинаковых условиях, а также выявить пути повышения качества инструмента [1, 2].

Разработана иерархическая система свойств, составляющих качество фрез, состоящая из свойств, расположенных на пяти уровнях. Самый нижний уровень состоит из простых свойств, характеристики которых определялись по результатам производственных испытаний фрез в условиях ПАО «НКМЗ», а также на основании статистических данных о работе инструмента в тех же условиях. Количественной характеристикой уровня качества единичных свойств, являлась «оценка», представляющая собой отношение показателя качества оцениваемой конструкции к аналогичному показателю конструкции, принятой за эталон. Комплексные свойства качества фрез рассматривались на трех стадиях: проектирования, изготовления и эксплуатации (рис. 1).



Рис. 1. Структура комплексных свойств, составляющих качество сборной фрезы

Уровень качества комплексных свойств, вплоть до качества в целом, определялся как математическая свертка оценок свойств более низкого уровня с учетом их весомостей (степени важности), определенных экспертным методом [1].

Цель настоящей работы – повышение качества многолезвийного инструмента за счет выбора рационального инструментального материала.

Экспертная оценка показала, что наиболее важными свойствами качества фрез являются надежность и износостойкость режущих пластин [3]. При работе многолезвийного инструмента, например, сборных торцовых фрез, отказ одного зуба не приводит к потере работоспособности инструмента. В производственных условиях часто эксплуатируют инструмент до полного его отказа, что приводит к резкому снижению безотказности и долговечности инструмента. Целесообразный уровень надежности определяется, исходя из его оптимизации по двум экономическим критериям: себестоимость обработки деталей инструментом и эксплуатационные расходы. Для обеспечения целесообразного уровня надежности, который для торцовых фрез находится в диапазоне 0,82–0,95, получены математические модели для расчетов показателей надежности для различных стратегий замены отказавших элементов сборного режущего инструмента.

Пусть инструмент с числом зубьев  $Z$  заменяют (восстанавливают работоспособность) при  $m$  безотказно работающих зубьях.

Если фреза считается работоспособной до выхода из строя всех зубьев, то с точки зрения надежности она представляет собой параллельную систему. Если предположить, что безотказность фрезы обеспечена при отказе  $(z - m)$  зубьев, то режущий инструмент можно представить как систему с резервированием, так как при работе всех зубьев инструмента они находятся примерно в одних условиях, а при отказе одного зуба остальные принимают на себя его нагрузку. При этом интенсивность расхода ресурса резервных элементов до момента выхода из строя хотя бы одного зуба значительно ниже. Если предположить, что надежности всех зубьев равны, то вероятность безотказной работы фрезы определяется:

$$R_{\phi} = 1 - [1 - R_z^z]^{m+1},$$

где  $R_z$  – вероятность безотказной работы каждого зуба. Отсюда число безотказно работающих зубьев фрезы для обеспечения рационального уровня надежности всей фрезы  $R_{\phi}$ :

$$m = \frac{\log[1 - R_{\phi}(t)]}{\log[1 - R_z^z]} - 1. \tag{1}$$

Так, если необходимо обеспечить уровень надежности фрезы  $R_{\phi} = 0,95$  при надежности каждого зуба  $R_z = 0,9$ , используя выражение (1), определим, что замену фрезы с  $z = 10$  необходимо производить при 4-х отказавших зубьях.

Для исследования износостойкости были проведены испытание торцовых фрез с разными пластинами в условиях ПАО «НКМЗ». Данные фрезы применяются на станках фрезерно-расточной группы, например, горизонтально-расточной станок TOS Warns Dort, который расположен в цехе. Проверялись на износостойкость фрезы с пластинами фирмы Seco, Ceratizit, Taegu Tec, Iscar, ZCC CT, Sandvik Coromant.

В результате получены реализации износа для пластин, изготовленных разными фирмами-изготовителями.

Условия испытаний приведены в табл. 1, 2, 3.

Результаты испытаний показали, что для фрез с числом зубьев равным трем при фрезеровании плоскости наименьший износ показали пластины фирмы Seco, Taegu Tec и Ceratizit. У пластин этих фирм разница износов незначима. Фрезы, оснащенные пластинами фирм Iscar и ZCC CT показали наибольший износ.

При фрезеровании уступов торцевыми фрезами с числом зубьев  $Z = 3$  наименьший износ наблюдался у фрез с пластинами фирмы Sandvik Coromant, а наибольший износ у пластин фирм Seco, Iscar.

При фрезеровании торцевой фрезой с  $Z = 4$  максимальный износ – у пластин ZCC CT, а наименьший у пластин фирм Seco, Iscar, Ceratizit, Taegu Tec.

Таблица 1

Условия испытаний торцевых фрез  $z = 4$

Станок	Обрабатываемая деталь, НВ	Режущий инструмент	Ширина фрезерования $B$ , мм	Режимы резания				
				$t$ , мм	$S_z$ , мм/зуб	$S_{мин}$ , мм/мин	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин
Горизонтально-расточной TosWarms Dorf	Сталь 7ХГ2ВМ, НВ 270	Фреза R 217.69-03032-16, $z = 3$	24	3	0,18	970	180	1800

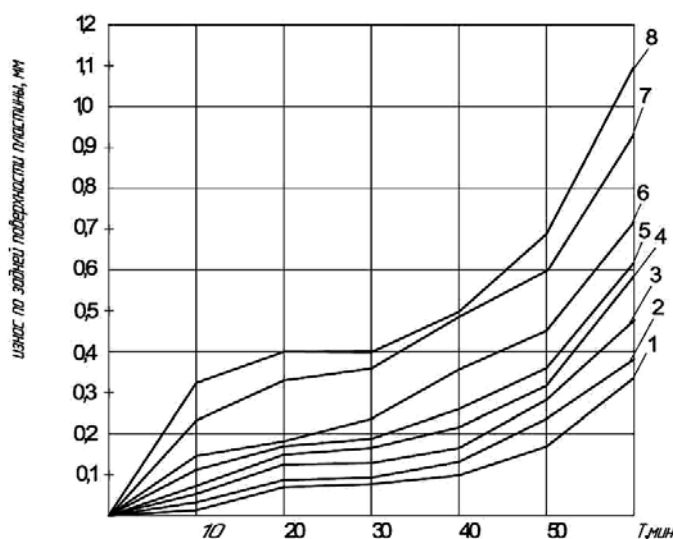


Рис. 2. Результаты сравнительных испытаний торцевых фрез  $z = 4$ :

1, 3 – пластины фирмы Seco; 2, 4 – пластины фирмы Ceratizit; 5 – пластины фирмы Taegu Tec; 6, 7 – пластины фирмы Iscar; 8 – пластины фирмы ZCC CT

Таблица 2

Условия испытаний твердосплавных торцевых фрез  $z = 3$  при фрезеровании плоскости с уступом

Вид обработки	Ширина фрезерования $B$ , мм	Режимы резания				Средний период стойкости, мин
		$t$ , мм	$S_z$ , мм/зуб	$S_{мин}$ , мм/мин	$V$ , м/мин	
Фрезерование уступа	3	4	0,22	1320	200	69
Фрезерование плоскости	26	3	0,22	1320	200	

Таблица 3

Условия испытаний пластин при фрезеровании плоскости

Вид обработки	Ширина фрезерования $B$ , мм	Режимы резания				Средний период стойкости, мин
		$t$ , мм	$S_z$ , мм/зуб	$S_{мин}$ , мм/мин	$V$ , м/мин	
Фрезерование плоскости	24	3	0,18	970	180	44

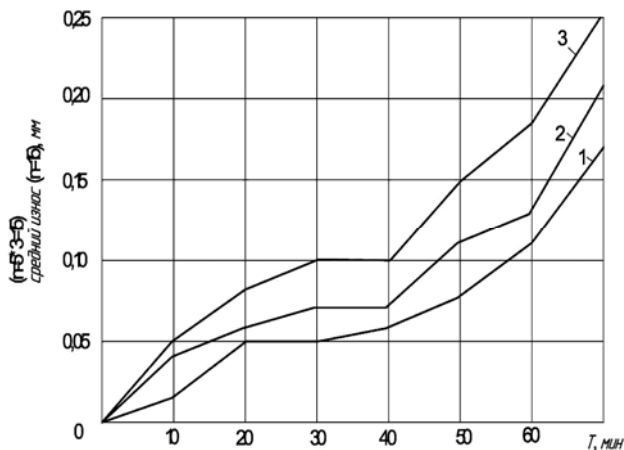


Рис. 3. Результаты сравнительных испытаний износостойкости торцовых фрез с пластинами разных фирм для фрезерования уступов (Сталь 20X, HB 200):

1 – пластины фирмы Seco APMX 160408TR – M14T350M; 2 – пластины фирмы Iskar APKT 1604PDR – 76 IC928; 3 – пластины фирмы Sandvik Coromant APMТ 160408 – M4240

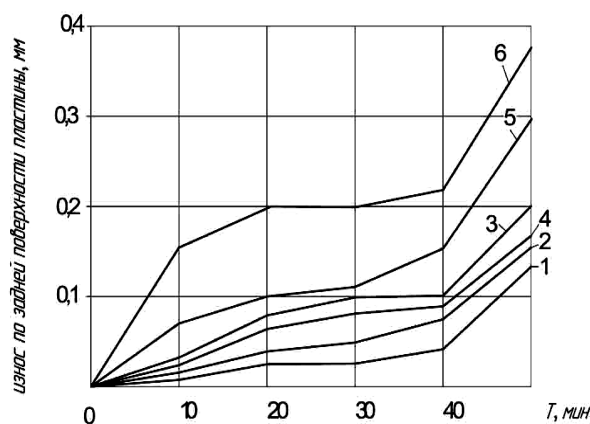


Рис. 4. Реализация износа пластин (Фрезерование плоскости,  $B = 24$  мм,  $t = 3$  мм,  $S_z = 0,18$  мм/зуб,  $S_{мин} = 970$  мм/мин,  $V = 180$  м/мин, режущий инструмент Фреза R 217.69 – 03032 – 16,  $z = 3$ ):

1 – пластины фирмы Seco; 2 – пластины фирмы Ceratzit; 3 – пластины фирмы Ceratzit; 4 – пластины фирмы Taegu Tec; 5 – пластины фирмы Iskar; 6 – пластины фирмы ZCC CT

### ВЫВОДЫ

Исследования свойств, составляющих качество торцовых фрез, показали, что важнейшими свойствами являются их надежность и износостойкость. Получены математические модели для расчета уровня надежности сборных фрез и обоснования стратегии замены режущих элементов. Сравнительные испытания фрез в производственных условиях, оснащенных пластинами твердого сплава, изготовленными разными фирмами-изготовителями, показали, что наибольшая износостойкость у пластин фирм Sandvik Coromant, Ceratzit, Seco.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко Г. П. Основы рациональной эксплуатации режущего инструмента / Г. П. Клименко. – Краматорск, ДГМА, 2006. – 200 с.
2. Клименко Г. П. Вероятностный подход к оценке износа и разрушений режущего инструмента / Г. П. Клименко, А. Ю. Андронов, Н. А. Ткаченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ : ДДМА, 2006. – Вип. 20. – С. 8–12.
3. Ravska N. S. Cutting tool wear heavy lathe / N. S. Ravska, G. P. Klymenko, M. A. Tkachenko // Energy and environmental aspects of tribology. – Cracow : AGH University of Science and technology, 2010. – С. 137–147.
4. Клименко Г. П. Определение надежности концевых фрез сборной конструкции / Г. П. Клименко, А. В. Хоменко, К. С. Чабан // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. – Краматорск, 2010. – Вып № 26. – С. 63–67.
5. Клименко Г. П. Повышение надежности технологической системы при механообработке на тяжелых токарных станках / Г. П. Клименко, А. Ю. Андронов // Сучасні технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПИ», 2009. – Вип. 3. – С. 49–54.
6. Клименко Г. П. Определение показателей стабильности процесса обработки деталей на тяжелых станках / Г. П. Клименко, А. В. Хоменко // Резание и инструмент в технологических системах : Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. – Вып 77. – С. 95–101.

Статья поступила в редакцию 31.10.2011 г.