

С.И. Петрушин, А.А. Сапрыкин, В.В. Дуреев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ  
ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

**С.И. Петрушин, А.А. Сапрыкин, В.В. Дуреев**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ  
ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

Монография

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 620.22-419.8:621.753.5

ББК 30.604.6-4:30.36

ПЗ1

**Петрушин С.И.**

ПЗ1 Проектирование и производство изделий из инструментальных композиционных материалов: монография / С.И. Петрушин, А.А. Сапрыкин, В.В. Дуреев; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 205 с.

ISBN 978-5-4387-0386-0

В монографии рассмотрена проблема создания изделий из композиционных материалов применительно к металлорежущим инструментам. На основе общего принципа оптимальности конструкции изделия предложены частные критерии оптимизации: равнопрочность и равномерное изнашивание режущей части лезвийных инструментов. Разработаны методики оценки трещиностойкости инструментальных композитов слоистого и клинового типа на основе расчета термических остаточных напряжений. Получены проекты оптимального распределения модуля упругости в режущем клине. Установлены условия обеспечения равномерного изнашивания инструмента путем изменения интенсивности изнашивания поверхностного слоя. Создана методика расчета составных композитов для режущих инструментов.

Предназначена для магистрантов, аспирантов, докторантов при подготовке диссертационных работ, а также будет полезна специалистам проектных организаций и предприятий станко-инструментальной промышленности в целях повышения квалификации, студентам соответствующих специальностей.

**УДК 620.22-419.8:621.753.5**

**ББК 30.604.6-4:30.36**

*Под общей редакцией действительного члена Российской академии  
естествознания, почетного работника высшего образования,  
доктора технических наук, профессора Петрушина Сергея Ивановича*

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор  
Братского государственного университета

*А.С. Янюшкин*

Доктор технических наук, профессор  
Кузбасского государственного технического университета

*А.Н. Коротков*

**ISBN 978-5-4387-0386-0**

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский  
технологический институт (филиал), 2014

© Петрушин С.И., Сапрыкин А.А.,  
Дуреев В.В., 2014

© Обложка. Издательство Томского  
политехнического университета, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ .....	9
1.1. <i>Формулировка принципа оптимальности на этапе     эксплуатации изделия</i> .....	10
1.2. <i>Интерпретация принципа оптимальности для этапа     проектирования изделий</i> .....	17
1.3. <i>Традиционное направление в оптимальном проектировании     конструкций</i> .....	21
1.4. <i>Частные критерии оптимизации при проектировании изделий     из композитов в соответствии с ЭОСС</i> .....	24
1.5. <i>Выводы по разделу 1</i> .....	29
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ .....	30
2.1. <i>Термические остаточные напряжения в слоистых КМ</i> .....	30
2.2. <i>Условия отсутствия межслойных трещин в слоистом     инструментальном композите</i> .....	37
2.2.1. <i>Двухслойные композиции</i> .....	39
2.2.2. <i>Трехслойные двухкомпонентные композиции</i> .....	43
2.3. <i>Оптимальные сочетания материалов по критерию     отсутствия трещин у многослойных пластин с твердосплавными     вставками</i> .....	46
2.3.1. <i>Материалы, при сочетании которых не образуется         межслойных трещин при всех исследуемых соотношениях         толщин</i> .....	49
2.3.2. <i>Материалы, при сочетании которых не образуется         межслойных трещин при определенных соотношениях толщин</i> ....	52
2.4. <i>Износостойкие покрытия твердосплавных инструментов</i> .....	56

2.5. Выводы по разделу 2 .....	61
<b>3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛИНОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ .....</b>	<b>63</b>
3.1. Трещиностойкость клиновых композитов.....	65
3.2. Элементы теории упругости композиционного режущего клина .....	71
3.2.1. Двухклинная композиция .....	77
3.2.2. Трехклинная композиция .....	81
3.3. Оптимальное распределение модулей упругости в равнопрочном режущем клине .....	85
3.3.1. Нагружение сосредоточенными силами .....	85
3.3.2. Нагружение распределенными контактными напряжениями.....	93
3.4. Обеспечение равномерного изнашивания лезвия режущего инструмента .....	107
3.4.1. Дифференциальное уравнение изнашивания .....	107
3.4.2. Самозатачивание лезвия за счет оптимизации его формы ..	116
3.4.3. Обеспечение равномерного изнашивания путем оптимизации трибологических свойств инструментального композита .....	122
3.5. Выводы по разделу 3 .....	125
<b>4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ РЕЖУЩИХ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН .....</b>	<b>126</b>
4.1. Обзор современных конструкций составного и композиционного режущего инструмента.....	126
4.2. Методика построения трехмерных моделей, соответствующих критерию равнопрочности .....	142
4.3. Методика расчета на напряжено-деформированное состояние методом конечных элементов .....	145
4.4. Определение напряжений в режущем клине в зависимости от формы вставки .....	147
4.5. Определение формы вставки из инструментального материала, повышающей прочность составной пластины.....	149

4.6. Расчет напряженно-деформированного состояния сменной пластины для отрезного резца .....	157
4.7. Расчет НДС режущего лезвия для случая несвободного резания.....	163
4.8. Выводы по разделу 4 .....	170
<b>5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....</b>	<b>171</b>
5.1. Общая характеристика методов быстрого прототипирования .....	171
5.2. Установки послойного лазерного спекания для получения изделий из металла.....	176
5.3. Обобщенная последовательность создания изделий методом послойного лазерного спекания.....	180
5.4. Перспективные направления в области технологии быстрого прототипирования .....	182
5.5. Способ изготовления изделий с селективной структурой на примере селективного лазерного спекания.....	189
5.6. Выводы по разделу 5 .....	190
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>192</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>194</b>