

А. Н. Леванов

КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ  
В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ  
МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Федеральное агентство по образованию  
Уральский государственный технический университет – УПИ  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

А. Н. Леванов

# КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области металлургии в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по специальности  
«Обработка металлов давлением»*

Научный редактор – проф., д-р техн. наук. В. А. Шилов

Екатеринбург  
УГТУ–УПИ  
2009

УДК 621.7.014.2(075.8)

ББК 34.62я73

Л34

Рецензенты:

кафедра обработки металлов давлением Южно-Уральского государственного технического университета (зав. каф. – проф., д-р техн. наук В. Г. Дукмасов);

д-р техн. наук С. В. Смирнов.

**А. Н. Леванов**

Л34 КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ: учебное пособие /А. Н. Леванов. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. 136 с.

ISBN 978-5-321-01536-0

Рассмотрены общие закономерности контактного трения в процессах ОМД, единые для различных сочетаний технологических факторов. Представлены усовершенствованные методы исследований, приведены опытные данные о напряжениях, скольжениях и деформациях в различных процессах ОМД. Обоснована методика испытаний для накопления справочных данных о константах трения.

Предназначено для изучения дисциплины «Теория ОМД» студентами всех форм обучения специальности 110600.

Библиогр.: 30 назв. Табл. 8. Рис. 30.

УДК 621.7.014.2(075.8)

ББК 34.62я73

ISBN 978-5-321-01536-0

© Уральский государственный  
технический университет – УПИ, 2009

© А. Н. Леванов, 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. МЕХАНИЗМ И РОЛЬ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.....	9
1.1. Основные представления науки о трении твердых тел.....	9
1.2. Особенности контактного трения при обработке металлов давлением .....	15
1.3. Силы трения как граничные условия при теоретическом анализе напряженного и деформированного состояний .....	22
2. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ, СКОЛЬЖЕНИЙ И ПРИКОНТАКТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ .....	26
2.1. Общие сведения о методах экспериментальных исследований.....	26
2.2. Методы непосредственного измерения контактных напряжений в реальных процессах ОМД.....	28
2.2.1. Разрезной инструмент .....	28
2.2.2. Универсальный штифт для одновременного измерения нормальных и касательных напряжений .....	33
2.3. Методы комплексного исследования контактных напряжений, скольжений и приконтактных деформаций .....	36
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВНЕШНЕМ (КОНТАКТНОМ) ТРЕНИИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССАХ ОМД .....	44
3.1. Контактное трение при осадке .....	45
3.2. Контактные напряжения в различных случаях прокатки .....	54
3.3. Система представлений о внешнем трении в процессах ОМД (обобщение опытных данных о контактных напряжениях).....	68
4. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ЗАГОТОВКИ С ИНСТРУМЕНТОМ .....	73
4.1. Традиционные и новые подходы к проблеме трения .....	73
4.2. Результаты комплексного исследования контактных напряжений, скольжений и приконтактных деформаций .....	80

4.2.1. Контактные напряжения, скольжения и приконтактные деформации при осадке и штамповке .....	84
4.2.2. Контактные напряжения, скольжения и приконтактные деформации при прокатке.....	87
Программа и методика исследования .....	87
Результаты исследования напряжений и скольжений .....	95
Связь напряжений трения с деформациями .....	103
4.2.3. Результаты исследования процесса трения на специальных установках.....	106
4.3. Общие закономерности и математические модели трения .....	110
5. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРЕНИЯ .....	120
5.1. Обоснование выбора показателей средней величины напряжений трения .....	120
5.2. Справочные данные о показателях средней величины напряжений контактного трения .....	125
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	133