



«Инфра-Инженерия»

О. С. Лехов
А. В. Михалев



**УСТАНОВКА
СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА
НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ
И ДЕФОРМАЦИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛОС**

**О. С. Лехов,
М. М. Шевелев**

**УСТАНОВКА СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА
НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ И ДЕФОРМАЦИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛОС**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 621.74+621.771
ББК 34.51
Л53

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры
металлургических и роторных машин УрФУ *В. В. Каржавин*;
доктор технических наук, профессор кафедры
обработки металлов давлением УрФУ *Ю. Н. Логинов*

Лехов, О. С.

Л53 Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства биметаллических полос : монография / О. С. Лехов, М. М. Шевелев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 256 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0715-1

Изложены научные основы технологии производства трехслойных биметаллических полос. Освещены закономерности распределения температуры плакирующих слоев и основной полосы при ее прохождении через расплав легированной стали. Приведены результаты определения напряженного состояния бойков от усилия обжатия и температурной нагрузки. Представлены результаты определения напряжений в очаге циклической деформации и бойках при получении сталемедных трехслойных биметаллических полос. Проанализированы закономерности распределения в бойках установки температуры, термоупругих и суммарных напряжений.

Для инженерно-технических работников. Может быть полезно студентам машиностроительных специальностей.

УДК 621.74+621.771
ББК 34.51

ISBN 978-5-9729-0715-1

© Лехов О. С., Шевелев М. М., 2021
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1. Аналитический обзор	9
1.1. Технология и оборудование для производства биметаллических полос	9
1.2. Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства трехслойных биметаллических полос	24
1.2.1. <i>Способ получения трехслойной биметаллической полосы</i>	26
1.3. Опытно-промышленная установка непрерывного литья и деформации ОАО «Уральский трубный завод»	28
1.4. Общая постановка задачи	31
2. Расчет температурных полей плакирующих слоев и основной полосы при получении трехслойного биметалла легированная сталь – конструкционная сталь – легированная сталь на установке непрерывного литья и деформации	34
2.1. Постановка задачи, исходные данные, расчетная схема и граничные условия	34
2.2. Методика расчета температурных полей трехслойной биметаллической полосы	35
2.3. Модель для расчета и конечно-элементная модель	39
2.4. Температурные поля основной полосы и плакирующих слоев при получении трехслойного биметалла сталь 09Г2С – сталь Ст3 – сталь 09Г2С.....	40
3. Напряженно-деформированное состояние металлов плакирующего слоя и основной полосы при получении трехслойных стальных биметаллических полос легированная сталь – конструкционная сталь – легированная сталь на установке непрерывного литья и деформации	54
3.1. Постановка задачи, исходные данные, расчетная схема и граничные условия	54
3.2. Результаты расчета течения металлов плакирующих слоев и перемещения основной полосы при обжати стального трехслойного биметаллического слитка	60
3.3. Распределение осевых и касательных напряжений в очаге деформации при получении трехслойных биметаллических полос	80
3.3.1. <i>Напряжения в очаге деформации при получении биметалла с толщиной плакирующего слоя 2 мм.....</i>	80
3.3.2. <i>Напряжения в очаге деформации при получении биметалла с толщиной плакирующего слоя 4 мм.....</i>	98

3.3.3. Напряжения в очаге деформации при получении биметалла с толщиной плакирующего слоя 6 мм	94
3.4. Напряженное состояние и выбор материала бойков установки непрерывного литья и деформации при получении стальных биметаллических полос	103
4. Напряженно-деформированное состояние металла плакирующего слоя из алюминия при получении трехслойных биметаллических листов на установке непрерывного литья и деформации	109
4.1. Постановка задачи, исходные данные и расчетная схема	110
4.2. Результаты расчета течения металла плакирующих слоев	114
4.3. Результаты расчета осевых и касательных напряжений в очаге деформации	120
5. Напряженно-деформированное состояние металла плакирующего слоя при получении трехслойных биметаллических полос медь – сталь – медь на установке непрерывного литья и деформации	134
5.1. Постановка задачи, исходные данные, расчетная схема и граничные условия	134
5.2. Результаты расчета течения металла плакирующего слоя в очаге деформации трехслойного биметалла медь – сталь – медь	137
5.3. Распределение осевых и касательных напряжений в очаге Деформации по линиям контакта плакирующего слоя с бойком и основной полосой	145
6. Напряженное состояние бойков без каналов от усилия обжатия и температурной нагрузки при получении трехслойного биметалла медь – сталь – медь на установке совмещенного процесса непрерывного литья и деформации	154
6.1. Постановка задачи, исходные данные и граничные условия	154
6.2. Методика решения задач теории упругости методом конечных элементов в объемной постановке	161
6.2.1. Результаты расчета осевых и эквивалентных напряжений от усилия обжатия биметаллической полосы	162
6.3. Расчет температурных полей и напряжений в бойках без каналов при получении трехслойных биметаллических полос медь – сталь – медь на установке непрерывного литья и деформации	175
6.3.1. Методика расчета температурных полей и термоупругих напряжений в бойках без каналов методом конечных элементов в объемной постановке с использованием пакета ANSYS	175
6.3.2. Теория расчета температурных полей и термоупругих напряжений в бойках методом конечных элементов в объемной постановке	177

6.3.3. Постановка задачи, исходные данные и граничные условия.....	181
6.3.4. Результаты расчета температурных полей бойков без каналов при обжатии биметаллической полосы	182
6.3.5. Распределение осевых термоупругих напряжений в бойках без каналов при обжатии биметаллического слитка и на холостом ходу	187
6.3.6. Распределение осевых термоупругих напряжений по толщине приконтактного слоя и длине бойка при обжатии биметаллического слитка.....	199
6.3.7. Распределение осевых и эквивалентных напряжений в бойках от усилий обжатия и температурной нагрузки при получении биметаллических полос медь – сталь – медь на установке непрерывного литья и деформации	218
7. Экспериментальное исследование совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства биметаллических полос на опытно-промышленной установке ОАО «Уральский трубный завод»	231
7.1. Оборудование участка непрерывного литья и деформации	231
7.2. Методика эксперимента, используемая аппаратура и датчики	232
7.3. Результаты экспериментального исследования процесса получения трехслойных биметаллических полос.....	233
Заключение.....	240
Список литературы.....	243