

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ БОЙКИ-ПОЛОСА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЛИСТОВ ИЗ ДЮРАЛЮМИНИЯ НА УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ И ДЕФОРМАЦИИ

Лехов О.С.¹, Билалов Д.Х.¹, Шевелев М.М.²

*¹Российский государственный профессионально-педагогический университет,
²ЗАО "Центр тепловизионной диагностики", г. Екатеринбург*

Ключевые слова: установка, совмещенный процесс, бойки, напряжение, деформация, усилие обжатия.

Аннотация. Представлены результаты теоретического исследования напряженно-деформированного состояния металла в очаге циклической деформации при получении листов из дюралюминия на установке совмещенного процесса непрерывного литья и деформации. Установлены закономерности распределения осевых напряжений в очаге циклической деформации и нагруженность бойков. Определены величины и установлены закономерности распределения осевых и эквивалентных напряжений в бойках без каналов от усилия обжатия. Приведены основные параметры установки совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства листов из сплавов алюминия повышенной прочности.

Введение

Для дальнейшего развития цветной металлургии весьма актуальным является создание совмещенных процессов непрерывного литья и деформации, которые позволяют существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты и повысить качество и снизить объем продаж слитков из цветных металлов и сплавов [1-3].

Разработана ресурсосберегающая компактная установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства листов из цветных металлов и сплавов превосходящая по технико-экономическим показателям лучшие зарубежные аналоги [1,3,4].

Предлагаемая технология получения листов включает стадии кристаллизации расплава металла с образованием оболочки с жидкой фазой, формирования из нее тонкого сляба, обжатие сляба бойками с высокой степенью деформации за один проход и калибровку листа [1,3,6].

Для оценки совмещенного процесса с позиции улучшения качества листов и определения нагруженности бойков проведено исследование напряженного состояния системы бойки-полоса при получении листов из дюралюминия на установке непрерывного литья и деформации.

Постановка задач и результаты расчетов

На первом этапе расчета следует определить напряженно-деформированное состояние металла в очаге циклической деформации и нагруженность бойков при получении листов сечением 3÷16×2200 мм из дюралюминия Д16.

Толщина тонкого сляба - 30 мм. Скорость вытягивания оболочки с жидкой фазой из кристаллизатора 2,5 м/мин. Температура наружной поверхности сляба в зоне контакта с бойком - 530 градусов. Величина эксцентриситета эксцентрикового вала 5 мм, угол наклона рабочей поверхности бойка - 12,5°. Величина подачи заготовки за один оборот эксцентрикового вала - 22,7 мм.

Скорость вращения эксцентриковых валов -110 мин. Для определения напряжений в очаге циклической деформации применен метод конечных элементов с использованием пакета ANSYS / 1,5,7/. Решалась упругопластическая контактная задача с учетом больших перемещений и деформаций. Расчёт выполнялся в плоской постановке (плоское деформированное состояние). Использована сетка конечных элементов с длиной грани элемента - 0,5 мм.

Модель для расчета очага деформации при получении листа толщиной 3 мм показана на рисунке 1.

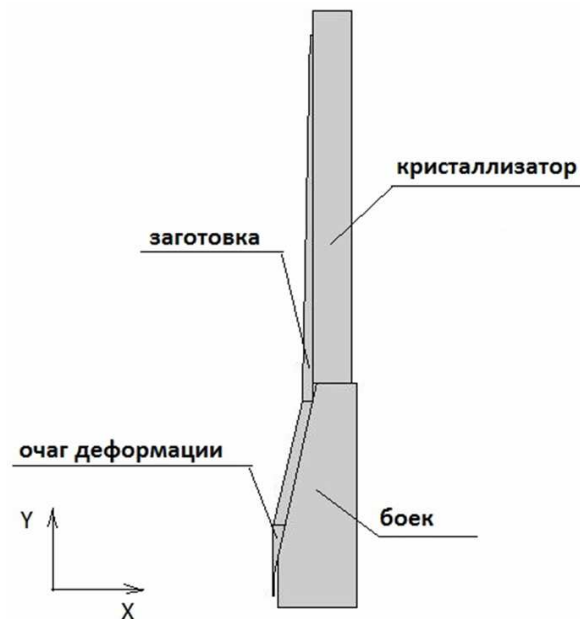


Рис. 1. Модель для расчета очага деформации

В модель входит оболочка в неподвижном кристаллизаторе и за кристаллизатором, очаг деформации, полоса на выходе. Также в модель входит стенка кристаллизатора и боек.

На рисунке 2 приведены эпюры осевых (S_X , S_Y), касательных (S_{XY}) и контактных напряжений ($CONTPRES$) в очаге циклической деформации при получении листов толщиной 3 мм из дюралюминия Д16.

Результаты расчета показывают, что в очаге циклической деформации возникают достаточно высокие (до минус 122 МПа) сжимающие осевые и контактные напряжения (рисунок 2). Такая схема напряженного состояния с преобладанием высоких сжимающих осевых и контактных напряжений будет способствовать достаточной проработке литой структуры по всей толщине тонкого сляба и получению мелкозернистой и однородной структуры металла листов из дюралюминия.

На втором этапе расчета необходимо определить величины и закономерности распределения напряжений в бойках от усилия обжатия, что позволит обоснованно выбрать конструктивные параметры и материал бойков. Материал бойка – сталь 45ХНМ. Теплофизические свойства данной стали приведены в работе [8].

Геометрия и характер нагружения бойка приведены на рисунке 3. Толщина бойка по верхней поверхности – 70 мм, длина бойка – 570 мм. Для расчета в силу симметрии принята половина бойка.

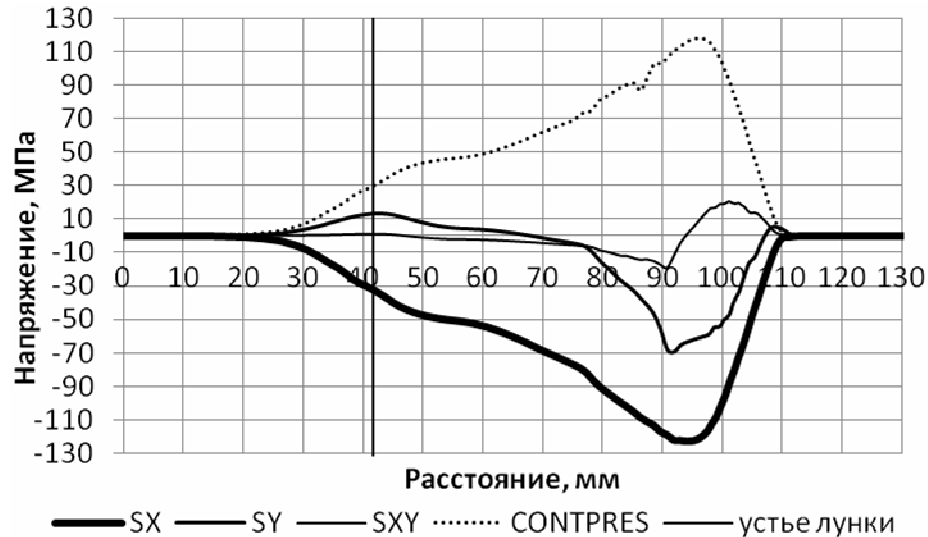
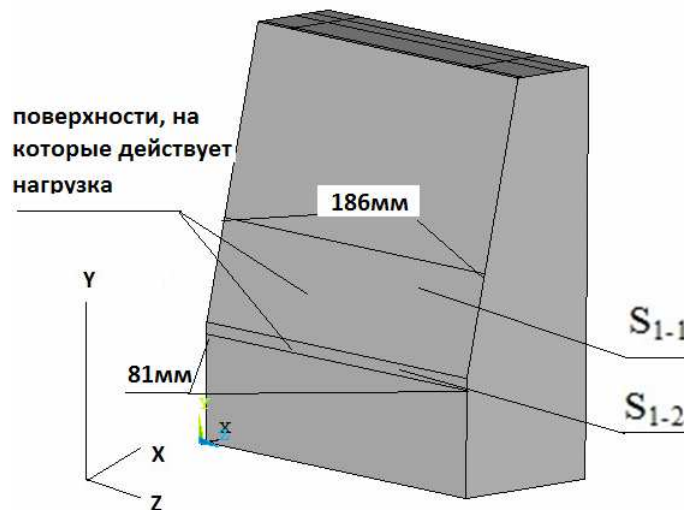
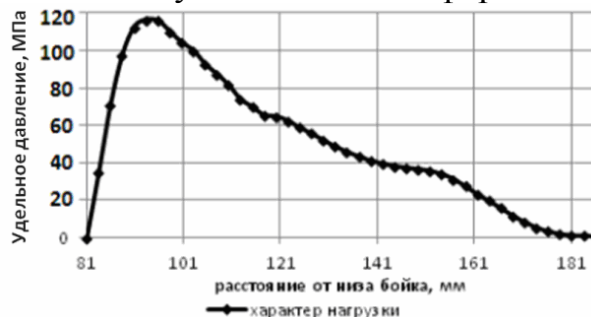


Рис. 2. Характер осевых напряжений по оси OX (SX), OY (SY), касательных (SXY) и контактных напряжений (CONTPRES) на части линии контакта очага деформации с бойком. Толщина полосы на выходе – 3мм

Нагрузка прикладывается на участке очага деформации бойка длиной 105 мм. Нагрузка приложена на поверхности S₁₋₁ и S₁₋₂. Характер нагрузки дан на рисунке 3, б.



а) Нагрузка прикладывается на участке очага деформации бойка длиной 105мм



б)

Рис. 3. Характер нагружения бойка

Расчет выполнялся для нагрузки на боек в конце рабочего хода. Результаты напряженного состояния бойка приведены для характерных линий, показанных на рисунке 4.

линия P_10 находится от линии P_9 на глубине 5мм

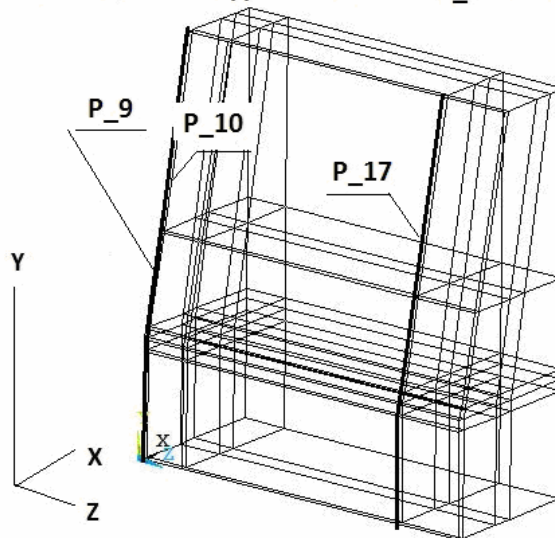


Рис. 4. Положение некоторых линий по высоте бойка

Напряжения в бойках при обжатии заготовки определяются одновременно при исследовании напряженно-деформированного состояния металла в очаге циклической деформации при получении листов из дюралюминия на установке совмещенного процесса непрерывного литья и деформации. Для определения напряжений в бойках от усилия обжатия использован алгоритм решения краевых задач теории упругости методом конечных элементов в объемной постановке изложенный в работах [8].

Результаты расчета приведены на рисунке 5.

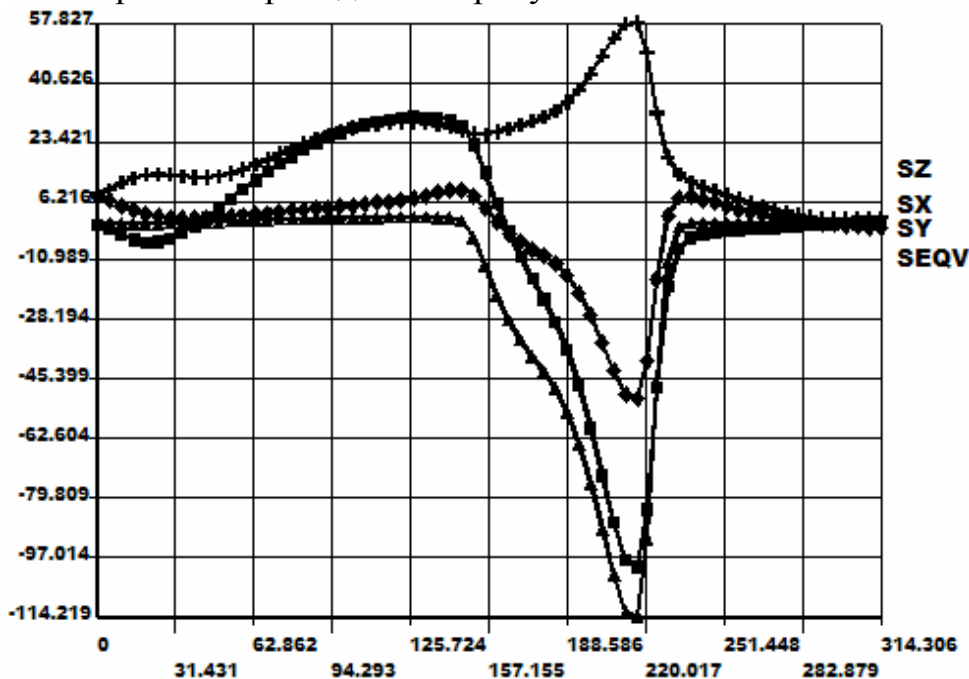


Рис. 5. Характер напряжений вдоль линии P_17 от воздействия на боек без каналов усилия обжатия

Наиболее интересными являются осевые напряжения на линиях P9, P10 и P17 (рисунок 5, таблица 1). Этот рисунок характеризуют распределение осевых напряжений по высоте бойка и толщине приконтактного слоя (таблица 1). В направлении осей OX и OY эти напряжения сжимающие и достигающие

наибольших значений в области очага деформации и соответственно равных минус 114 МПа и минус 105 МПа (рисунок 5, таблица 1).

Табл. 1. Распределение осевых напряжений от усилий обжатия по толщине приконтактного слоя и высоте бойка при получении листа сечением 3×2200 мм из дюралюминия Д16

Линия по высоте бойка	Напряжение, МПа							
	SX		SY		SZ		SEQV	
	нб	вб	нб	вб	нб	вб	нб	вб
P9	-3	-114/-3	-3/38	-92/-3	66	-7/52	66/98	56
P10	-1,7	-105/1,7	-1,7/36	-39/-1,7	64	9/50	64/102	50
P17	-2	-114/1	-2	-100/-2	6	-51/-2	6	57/2

нб – низ бойка; вб – верх бойка

С учетом полученных результатов определены параметры промышленной установки для производства листов из сплавов алюминия повышенной прочности.

Параметры установки для производства листов сечением 3÷16×2200 мм из сплавов алюминия:

- размеры кристаллизатора: ширина 2200 мм, высота 60 мм, длина рабочей части 430 мм;
- скорость вытягивания слитка из кристаллизатора – 2,5 м/мин;
- величина эксцентриситета эксцентриковых валов – 5 мм;
- угловая скорость эксцентриковых валов – 110 мин⁻¹;
- величина подачи полосы за один оборот эксцентрикового вала – 22,7 мм;
- максимальное усилие деформации – 16000 кН;
- расчетная мощность приводного электродвигателя 2600 кВт;
- часовая производительность – 27 т/час.

Заключение

В результате проведенных исследований определено напряженно-деформированное состояние системы бойки-полоса и основные параметры установки совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для получения листов из сплавов алюминия.

Список литературы

1. Лехов О.С. Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации. Теория и расчёт / О.С. Лехов, В.В. Турлаев, И.В. Лисин. -Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 112с.
2. Химухин С.Н. Структура и свойства алюминиевого сплава АК12 при совмещенном процессе литья и деформации / С.Н. Химухин, В.В. Черномас, Ри Хосен, Ри Эх // Цветные металлы. 2015. № 3. С. 69-73
3. Лехов О.С. Установка непрерывного литья и деформации для получения широкого листа из сплавов алюминия повышенной прочности / О.С. Лехов, В.В. Турлаев, М.Ю. Туев, И.В. Лисин.// Производство проката. 2015. № 5. С.11-13.
4. Патент 2077407 РФ. Способ непрерывного литья слябовых заготовок и устройство для его осуществления / О.С. Лехов. – опубл. 2000.
5. Оден ДЖ. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир, 1976. - 486 с.
6. Баранов М.В. Особенности структурообразования алюминия в условиях интенсивной

- высокой пластической деформация / М.В. Баранов, Б.Н. Гузанов, О.С. Лехов, В.С. Минаков // Известия вузов. Цветная металлургия. 2007. № 1. С. 65-70.
7. ANSYS. Structural analysis Guide. Rel. 6.0. [http // www.cadferm.ru](http://www.cadferm.ru).
 8. Лехов О.С. Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства листов из стали для сварных труб. Теория и расчет / О.С. Лехов, А.В. Михалев. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2017. – 151 с.

Сведения об авторах:

Лехов Олег Степанович – д.т.н., профессор кафедры «Инжиниринг и профессиональное обучение в машиностроении и металлургии», РГППУ, г. Екатеринбург;

Билалов Дамир Харасович – к.т.н., доцент кафедры «Инжиниринг и профессиональное обучение в машиностроении и металлургии», РГППУ, г.Екатеринбург;

Шевелев Максим Михайлович – начальник лаборатории неразрушающего контроля ЗАО "Центр тепловизионной диагностики", г.Екатеринбург.

STRESSED STATE OF THE ANVIL-STRIP SYSTEM WHEN RECEIVING DURALUMIN SHEETS ON THE INSTALLATION OF CONTINUOUS CASTING AND DEFORMATION

Lehov O.S., Bilalov D.H., Shevelev M.M.

Keywords: installation, combined process, peen, stress, deformation, compression force.

Abstract. The results of a theoretical study of the stress-strain state of the metal in the zone of cyclic deformation when producing sheets of duralumin on the installation of the combined process of continuous casting and deformation are presented. The regularities of the distribution of axial stresses in the zone of cyclic deformation and the loading of the anvils are established. The magnitudes and regularities of the distribution of axial and equivalent stresses in the anvils without channels from the compression force are determined. The basic parameters of the installation of the combined process of continuous casting and deformation for the production of sheets of aluminum of high strength are given.

References

1. Lekhov O.S. Installation of the combined process of continuous casting and deformation. Theory and calculation / O.S. Lekhov, V.V. Turlaev, I.V. Lisin.- Ekaterinburg: Ural Federal University, 2014. - 112 p.
2. Khimukhin S.N. Structure and properties of aluminum alloy AK12 in the combined process of casting and deformation. / S.N. Khimukhin, V.V. Chernomas, Ri Hosen, Ri Eh // Non-ferrous metals.. 2015. No. 3. pp. 69 73.
3. Lekhov O.S. Installation of continuous casting and deformation to obtain a wide sheet of high-strength aluminum alloys / O.S. Lekhov, V.V. Turlaev, M.Yu. Tuev, I.V. Lisin. // Production of rolled products. 2015. No. 5. pp. 11-13.
4. Patent 2077 407 (RF) Method for continuous casting of slab blanks and device for its implementation. / O.S. Lehov. – publ. 2000.
5. Oden J. Finite elements in nonlinear mechanics of continuous media. M.: Mir, 1976. - 486 p.
6. Baranov M.V. Features of the structure formation of aluminum under conditions of intense high plastic deformation / M.V. Baranov, B.N. Guzanov, O.S. Lekhov, V.S. Minakov // News of universities. Non-ferrous metallurgy. 2007. No 1. pp. 65-70.
7. ANSYS. Structural analysis guide. Rel. 6.0. [http // www.cadferm.ru](http://www.cadferm.ru).
8. Lehov O.S. Installation of a combined process of continuous casting and deformation for the production of sheets of steel for welded pipes. Theory and calculation / O.S. Lehov, A.V. Mikhalev. - Yekaterinburg: Publishing House of the UTI Training Center, 2017. - 151 p.