

РАСЧЕТ НА ИЗГИБ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ С ГРАДИЕНТОМ ПРОЧНОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ

Пронина Ю.Г., Пегливанова М.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Работа посвящена оценке несущей способности листов из толстолистовой судостроительной стали А32 с градиентом прочностных свойств по толщине при чистом изгибе. Неравномерное распределение прочностных характеристик было получено посредством термического армирования листового проката, осуществляемого односторонним ускоренным охлаждением листов после их нагрева до температур аустенизации [1]. Проводится сравнение несущей способности стальных образцов после термического армирования, нормализации (нагрев с последующим охлаждением на воздухе) и температурного упрочнения (путем закалки с отпуском). В результате одностороннего ускоренного охлаждения по толщине листа формировался спектр микроструктур: от феррито-бейнитной на ускоренно охлаждаемой поверхности до феррито-перлитной на противоположной. При нормализации формируется феррито-перлитная структура, после термоупрочнения – феррито-цементитная. Материал, технология обработки, методика и результаты экспериментов для образцов толщиной 10 и 14 мм описаны в работах [2, 3] соответственно. Распределение твердости по Виккерсу по толщине указанных образцов показано на рис. 1 звездочками.

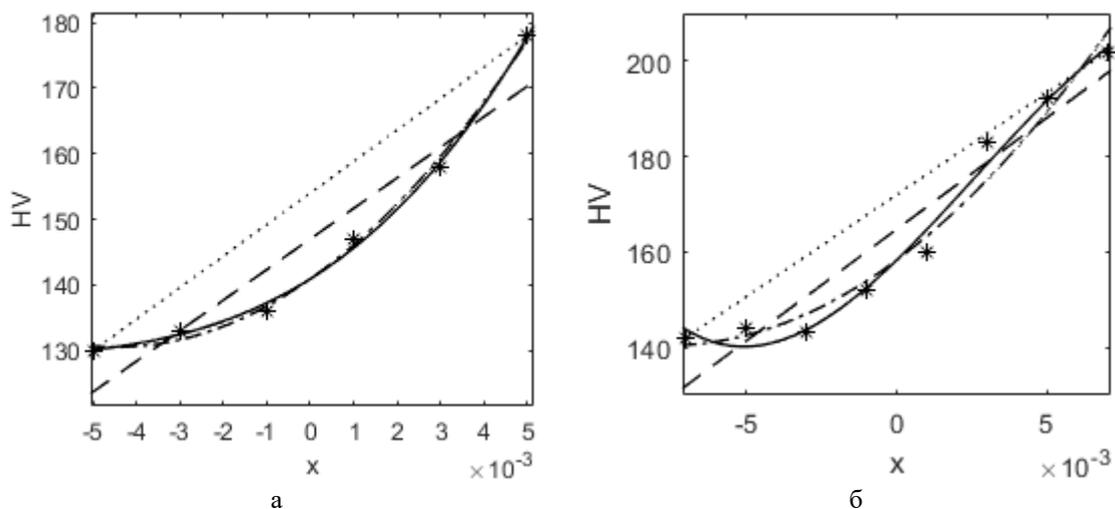


Рис. 1. Изменение твердости по толщине листа толщиной 10мм (а) и 14мм (б). Звездочки – экспериментальные данные, сплошные линии – кубическая среднеквадратическая аппроксимация, штрих-пунктирные линии – среднеквадратическая аппроксимация второго порядка, пунктир – линейная среднеквадратическая аппроксимация, точки – простейшая линейная аппроксимация

Поскольку между твердостью и пределом текучести существует линейная корреляционная зависимость, материал предполагается идеальным упругопластическим с переменным по толщине пределом пластичности и, кроме того, обладающим SD-эффектом (т.е. разными пределами текучести на растяжение и сжатие). Оценка несущей способности производится в рамках технической теории изгиба для малых деформаций с учетом смещения нейтральной плоскости деформации, вызванного как градиентом пластичности, так и SD-эффектом [4]. На стадии чисто упругого изгиба решение задачи не отличается от известного решения для однородной пластины. При появлении зон пластического течения необходимо учитывать градиент свойств и разность пределов текучести на растяжение и сжатие.

Исследуется возможность приближенной оценки предельного изгибающего момента,

при котором пластина переходит в состояние текучести по всей толщине, с помощью различных аппроксимаций (линейной, квадратичной и кубической) зависимости предела текучести от координаты по толщине листа и других упрощений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-19-00100).

1. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Термическое армирование листового проката // Сталь. 2017. № 8. С. 52–56.
2. Максимов А.Б., Шевченко И.П., Ерохина И.С. Толстолистовой прокат с изменяющимися механическими свойствами по толщине // Известия вузов. Черная Металлургия. 2019. № 8. Т. 62. С. 587–593.
3. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Свойство толстолистового проката с градиентом прочности по толщине // Материаловедение. 2020. № 7. С.15–19.
4. Максимов А.Б., Пронина Ю.Г. Исследование изгиба толстолистового проката с градиентом прочностных свойств по толщине // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 1. С. 21–27. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-1-21-27>.