

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 669.017.16:639.2:620.18

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  
ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАЛИ ГАДФИЛЬДА (110Г13Л)

В. И. Большаков, д. т. н., проф., Н. А. Ротт, асс.

**Ключевые слова:** сталь Гадфильда, механические колебания, аустенитная структура, макроструктура, легирующие элементы

**Постановка проблемы.** Среди износостойких аустенитных сталей особое место занимает сталь Гадфильда (110Г13Л). Высокие качества данной стали в условиях ударных механических нагрузок вызваны ее свойством упрочняться при холодной пластической деформации. Это свойство обусловило применение стали 110Г13Л в деталях машин и оборудования, работающих в условиях ударных механических нагрузок.

**Анализ публикаций.** Высокое содержание марганца и углерода обеспечивает аустенитную структуру отливок даже в условиях медленного охлаждения. Такая структура характеризуется наличием выпавших из твердого раствора карбидов железа и марганца, располагающихся по границам зерен и внутри них [1].

Установлено, что качество этой стали в значительной степени определяется величиной зерна аустенита. Более высокие показатели имеют мелкозернистые стали. В отливках из аустенитной стали, не имеющих фазовых превращений, получение мелкозернистой структуры может быть достигнуто только путем регулирования процессов кристаллизации жидкой стали [1].

На формирование кристаллической структуры сплавов влияет множество факторов, в том числе условия зарождения и роста кристаллов.

Для повышения технологичности сплава необходимо при литье обеспечить равномерное распределение легирующих элементов по сечению слитка, а также получить благоприятную с точки зрения пластической обработки структуру литых заготовок. Одним из способов решения вышеперечисленных задач является применение вибрационной обработки расплава в кристаллизаторе [2 – 5].

В связи с этим **целью работы** было изучение влияния маломощного вибрационного воздействия на сталь 110Г13Л в процессе ее кристаллизации.

Для этого расплав стали 110Г13Л заливали в цилиндрические углубления, которые были сделаны в обеих половинках разрезанного пополам магнезитового кирпича.

Вибрация с частотами 20, 50, 100, 300 и 800 Гц подводилась к магнезитовому блоку со стороны, противоположной той, на которой располагалось углубление для заливки жидкого металла. Высокая плотность магнезита обеспечивала подвод вибрационной энергии к жидкому металлу без существенных потерь при прохождении через магнезит.

На рисунке 1 показано отличие в макроструктуре, вызванное воздействием вибрации с различной частотой.

Макроструктура слитка, закристаллизовавшегося без вибрации (рис. 1, а), имеет широко известный из литературы вид: с зоной столбчатых дендритов, ориентированных перпендикулярно поверхности кристаллизации, и крупных равноосных дендритов по центру отливки. Воздействие же вибрации с частотой 50 Гц (рис. 1, в) полностью разрушает эту макроструктуру, дендриты измельчаются и становятся более равноосными с однородным распределением их по сечению слитка.

Для изучения влияния частоты вибрации на распределение легирующих элементов по сечению аустенитного зерна стали 110Г13Л был проведен рентгеноспектральный микроанализ.

Результаты исследований представлены на рисунке 2.

Как видно (рис. 2), при кристаллизации стали 110Г13Л с частотой вибрации 50 Гц происходит более равномерное распределение легирующих элементов по сечению зерна, в частности, марганца.

Так же при больших увеличениях зерен аустенита можно наблюдать изменение в выделении карбидов и фосфидов Mn и Fe по границам зерна. При всех частотах вибрации,

криме 50 Гц, карбиди и фосфиди Mn и Fe выделяются в виде смеси. При кристаллизации с частотой 50 Гц выделение карбидов и фосфидов Mn и Fe по границам зерен аустенита происходит в виде полосчатости (рис. 3 – 8).

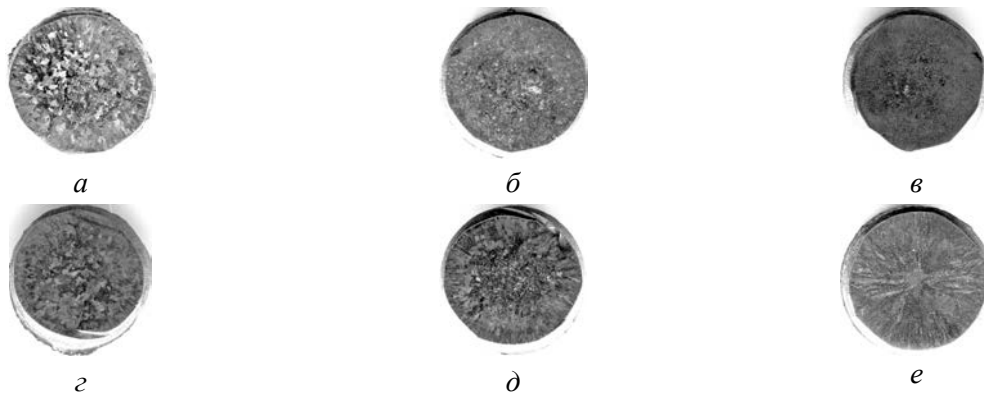
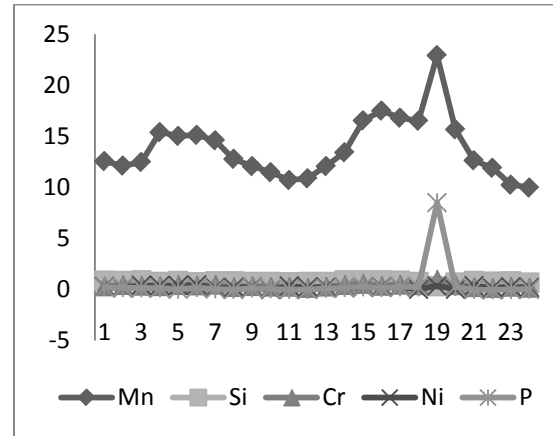
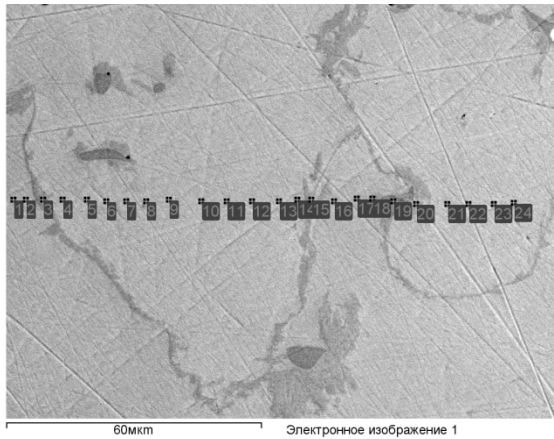
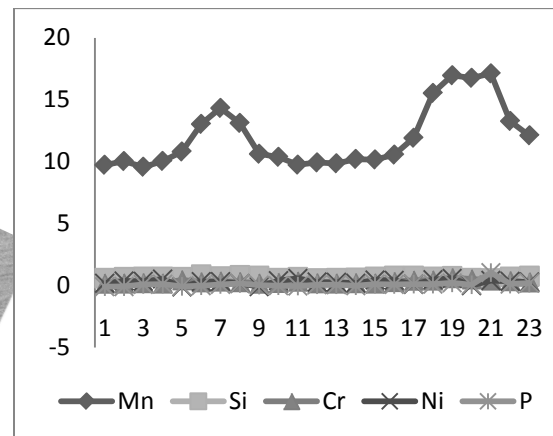
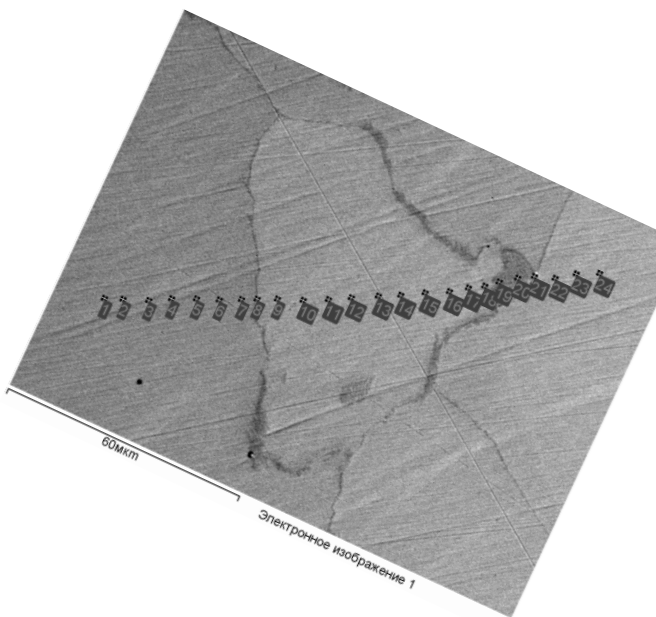


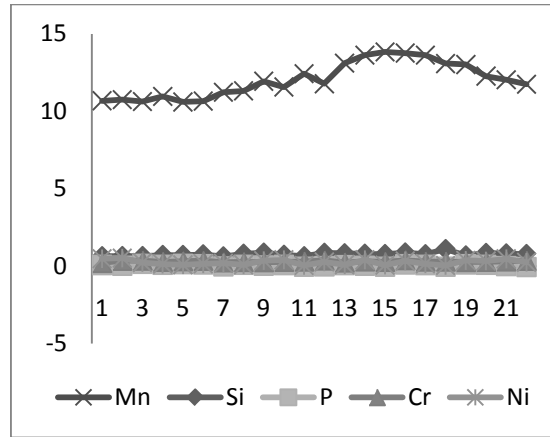
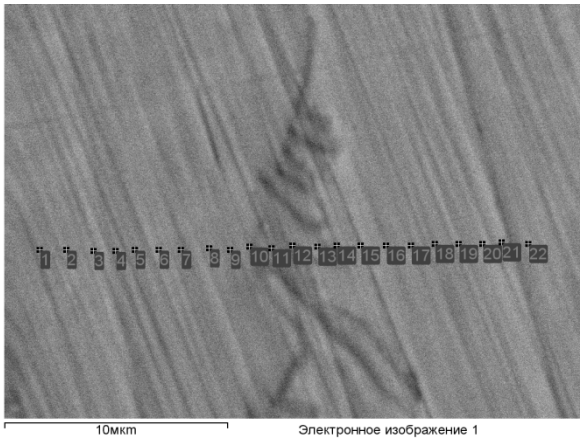
Рис. 1. Макроструктура стали 110Г13Л: а – без вибрационной обработки; б – с частотой вибрации 20 Гц; в – с частотой вибрации 50 Гц; г – с частотой вибрации 100 Гц; д – с частотой вибрации 300 Гц; е – с частотой вибрации 800 Гц



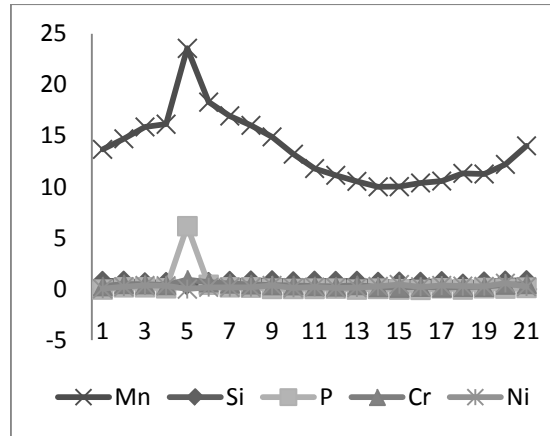
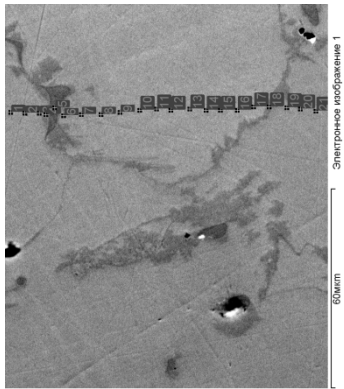
а



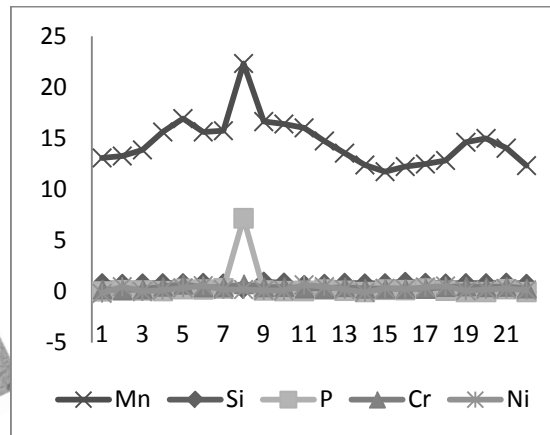
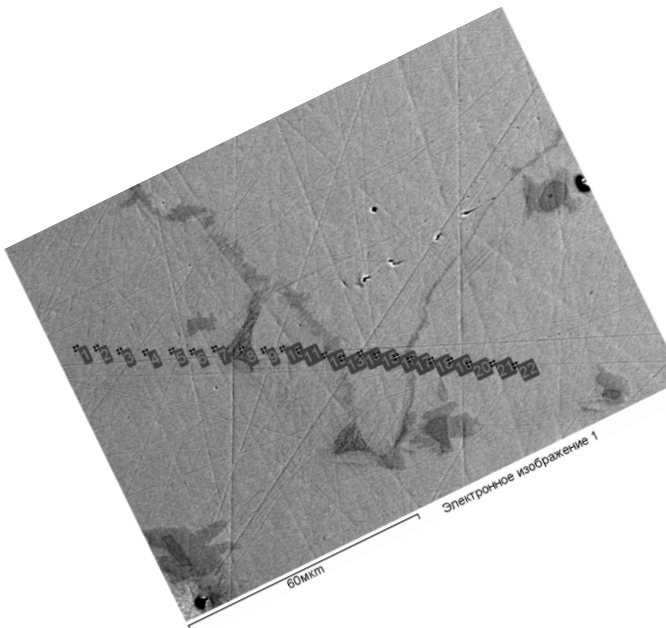
б



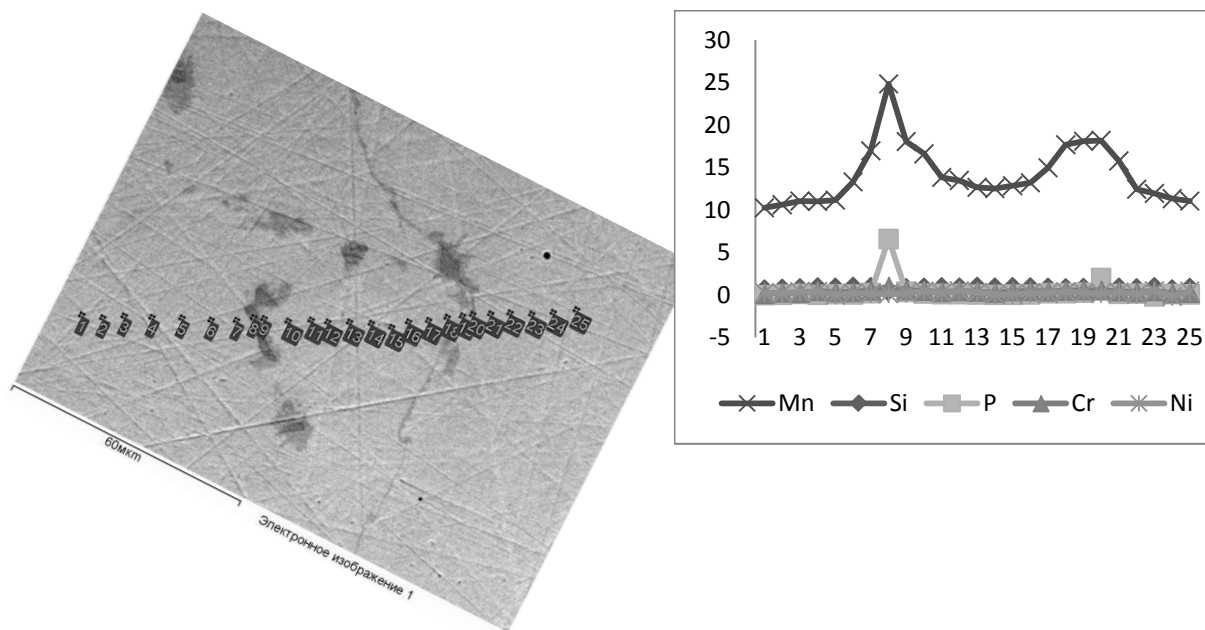
б



в



г



e

Рис. 2. Распределение элементов в зерне аустенита стали 110Г13Л при кристаллизации:  
 а – без вибрационного воздействия; б – с частотой вибрации 20 Гц; в – с частотой  
 вибрации 50 Гц; г – с частотой вибрации 100 Гц; д – с частотой вибрации 300 Гц;  
 е – с частотой вибрации 800 Гц

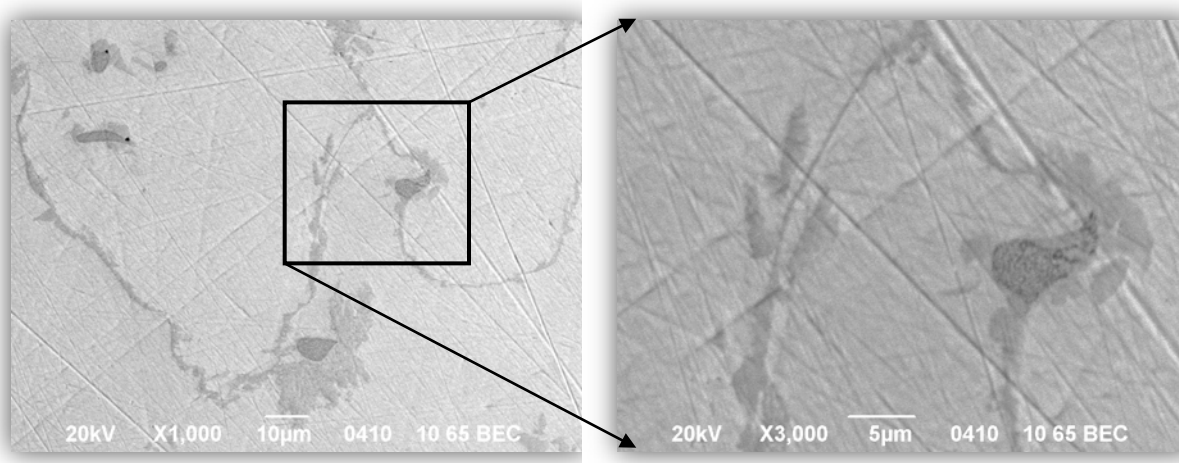
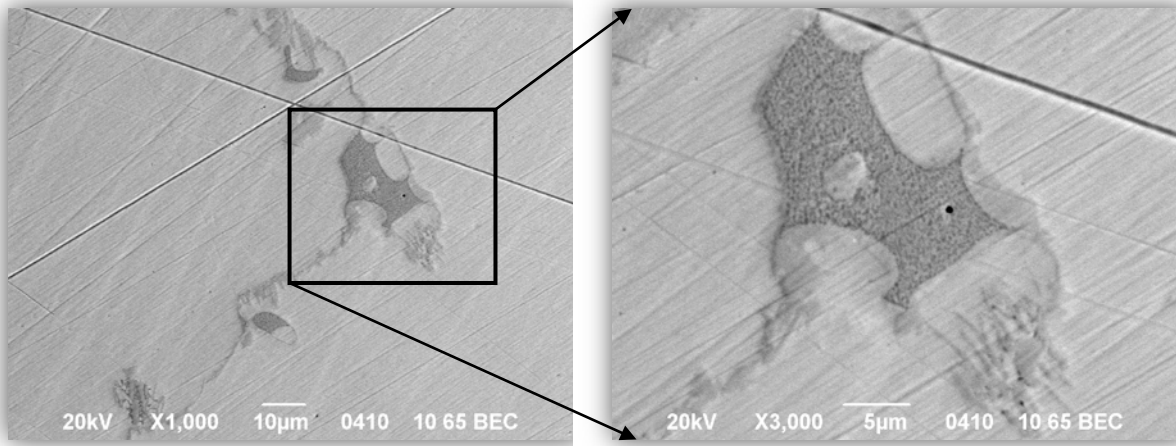
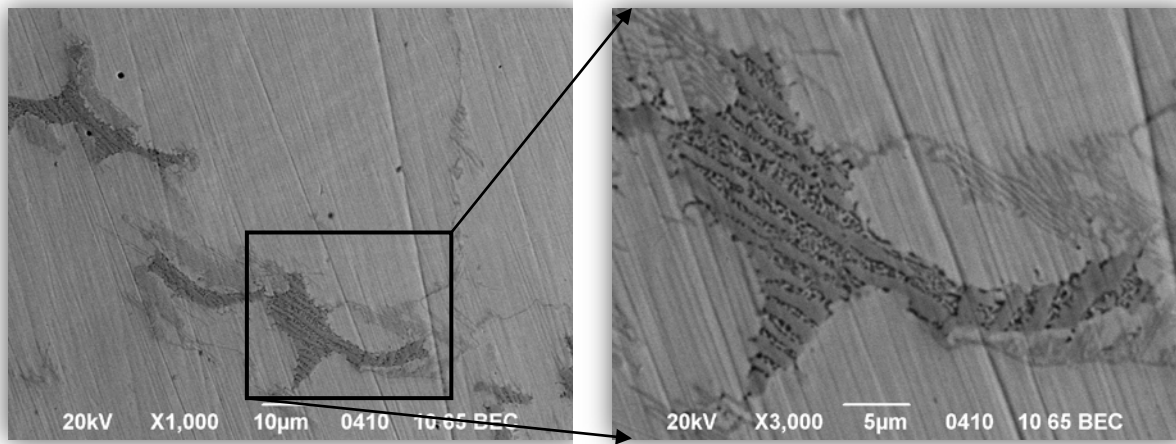


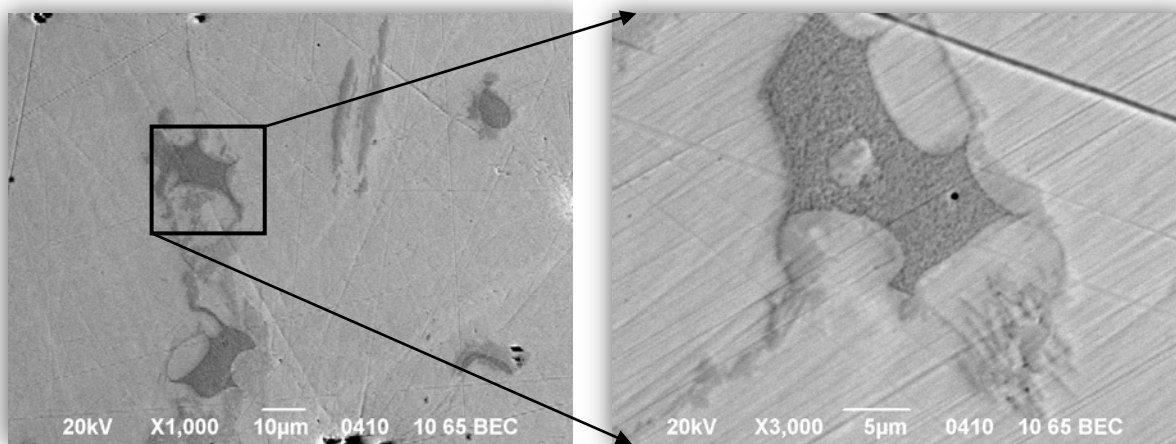
Рис. 3. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшейся без вибрационного воздействия



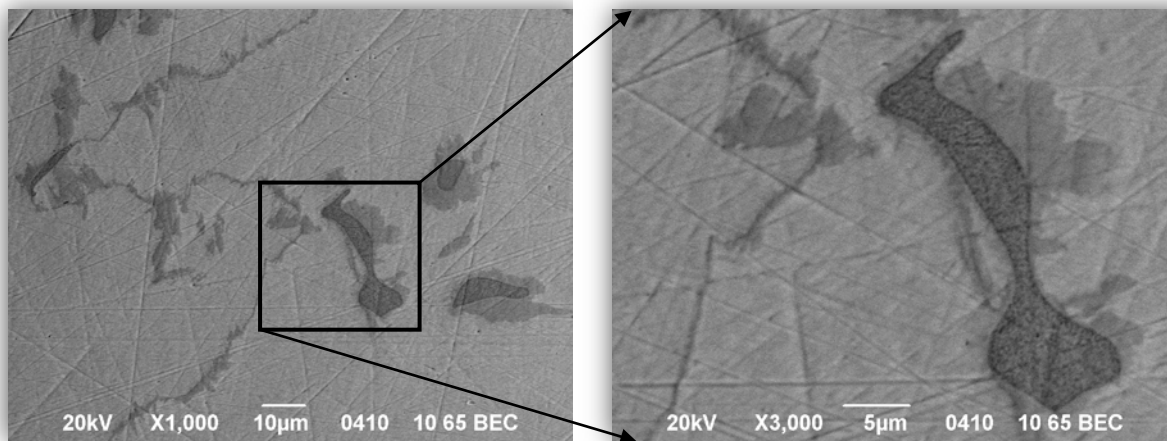
*Рис. 4. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшійся при впливі вібрації частотою 20 Гц*



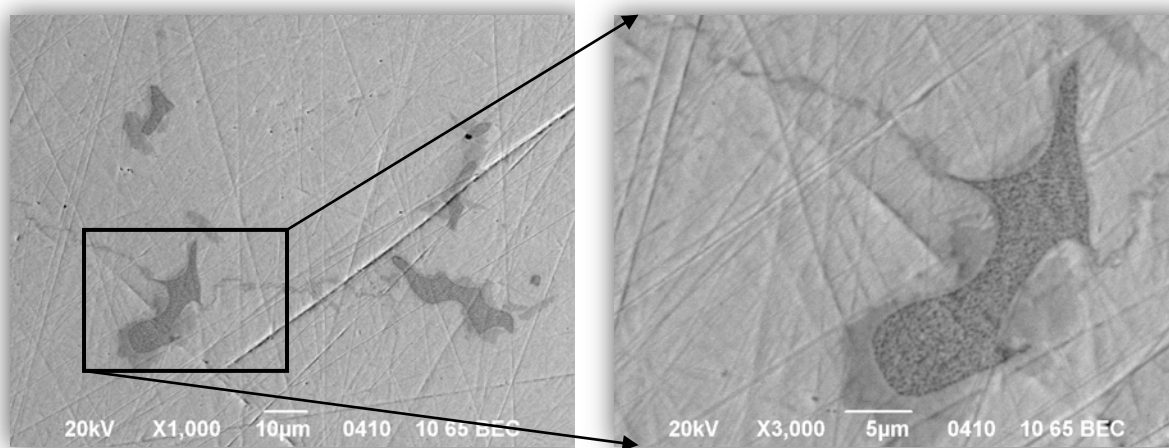
*Рис. 5. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшійся при впливі вібрації частотою 50 Гц*



*Рис. 6. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшійся при впливі вібрації частотою 100 Гц*



*Рис. 7. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшейся при воздействии вибрации частотой 300 Гц*



*Рис. 8. Структура стали 110Г13Л, закристаллизовавшейся при воздействии вибрации частотой 800 Гц*

Возможно, что такое выделение карбидов и фосфидов сдерживает рост аустенитного зерна и способствует образованию мелкозернистой равноосной структуры по сечению слитка.

Таким образом, можно сделать **выводы** о том, что механическая вибрация, приложенная к стали 110Г13Л в процессе кристаллизации, способствует равномерному распределению легирующих элементов по сечению слитка и благоприятно влияет на макроструктуру стали.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Высокомарганцевая сталь [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://www.zavodu.net/>
2. **Бенуа Ф. Ф.** Исследование влияния вибрации на процесс кристаллизации и структуру наплавленного металла при ванно-шлаковой сварке / Ф. Ф. Бенуа, И. В. Вологдин, А. И. Катлер // Сварочное производство, 1958. – № 5. – С. 1 – 5.
3. **Эльдарханов А. С.** Исследование условий роста кристаллов в поле упругих волн // Процессы литья, 1995. – № 4. – С. 49 – 59.
4. **Оно А.** Затвердевание металлов: пер. с англ. – М. : Металлургия, 1980. – 152 с.
5. **Eskin G. I.** Ultrasonic Treatment of Light Alloy Melts, Gordon and Breach: [Text] / G. I. Eskin. – Amsterdam : PNT, 1998. – 234 p.