

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕЛОГО ЧУГУНА – ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Скобло Т.С., доктор техн. наук, Кулешова И.А., канд. техн. наук.,
Скобло Ю.С., канд. техн. наук.

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

Дослідження можливості використання білого деформованого чавуна для деталей сільськогосподарського обладнання.

Литий білий чавун, який містить 2,4 – 2,6 % С, 1,0 – 2,0% Cr, після пластичної деформації та наступної термічної обробки має високий рівень механічних властивостей, зносу - та термічної стійкості і може бути використан для виготовлення деталей сільськогосподарського обладнання.

Успешное функционирование агропромышленного комплекса в значительной мере зависит от уровня надежности поставляемой сельскохозяйственной техники, которая в свою очередь зависит от надежности работы различных узлов и деталей. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин является важным направлением решения этой проблемы.

Одним из эффективных путей улучшения эксплуатационных свойств различных деталей сельскохозяйственного оборудования является применение белого деформированного чугуна. Основным его преимуществом является сочетание высокой износостойкости с повышенными характеристиками прочности и пластичности за счет формирования оптимальной структуры, соответствующей принципу Шарпи.

Отечественные и зарубежные публикации свидетельствуют о перспективности применения данного чугуна для деталей различного назначения, работающих в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок втулок, шестерен, вкладышей зубострогальных станков, мелкоцих гел, валковой арматуры.

Целью настоящей работы явилась разработка белого экономно-легированного чугуна, обладающего высокой износостойкостью, успешно работающего в условиях ударных нагрузок и термического воздействия.

При выборе элементов и их предельных концентраций исходили из необходимости получения в литом состоянии структуры белого чугуна с оптимальным количеством карбидной фазы (~30%), так как при наличии графита и повышенного количества грубой карбидной фазы возможно снижение технологических и механических свойств материала.

Так как повышение содержания углерода (до 3,4%) и хрома (до 5,8%) приводят к огрублению структуры, ухудшению деформируемости и свойств материала, а также экономически нецелесообразно, были выбраны нижние пределы концентраций этих элементов (2,4 – 2,6 %С, 1,0 – 2,0 %Cr).

Кроме того, в чугун дополнительно введены Се (0,2 – 0,25%) и Са (0,05%) для измельчения зерна, утонения карбидной сетки и улучшения деформируемости материала.

Чугун, содержащий (%): С–2,4 – 2,6; Si – 0,1 – 0,3; Mn– 0,4 – 0,6; Cr–1,0 – 2,0; Мо– 0,3 – 0,4; Ni– 0,3 – 0,4; Се – 0,2 – 0,25; Са– 0,05 рекомендован для пластической деформации и последующего изготовления деталей сельскохозяйственных машин /1, 4/.

Разработанный чугун в литом состоянии обеспечивает формирование карбидной фазы в виде прерывистой сетки, толщина которой не превышает 5 – 7 мкм, что способствует улучшению его деформируемости.

Выбор граничных параметров элементов в указанных пределах объясняется следующим.

При содержании углерода менее 2,4% снижается износостойкость и твердость материала. При повышении содержания углерода > 2,6 % уменьшается доля пластинчатого ледобурита, затрудняется пластическая деформация.

Марганец (0,4 – 0,6 %), хром (1,0 – 2,0 %), молибден (0,3 – 0,4 %) являются карбидообразующими элементами, повышающими стабильность карбидной фазы.

Указанные пределы концентрации хрома (1,0 – 2,0 %) обусловлены тем, что при наличии остальных компонентов сплава, он способствует образованию в структуре чугуна легированных хромом карбидов цементитного типа, обеспечивающих устойчивость карбидной фазы к разрушению при термодинамическом воздействии и высокую износостойкость сплава и предотвращает образование графита.

Содержание хрома < 1,0 % может привести к формированию метастабильных карбидов, склонных к графитизации, и уменьшению твердости.

Введение более 2,0 % Cr приводит к увеличению количества карбидной фазы и огрублению ледобуритной сетки, что значительно снижает пластичность чугуна.

Молибден в количестве 0,3 – 0,4 % способствует повышению стабильности карбидной фазы, находится в легированных карбидах цементитного типа и металлической основе, что повышает стабильность карбидной фазы и износостойкость чугуна.

Введение молибдена < 0,3 % малоэффективно с точки зрения степени легирования и увеличения стабильности карбидной фазы. Повышение содержания молибдена сверх 0,4 % удорожает стоимость чугуна и экономически нецелесообразно.

Никель в количестве (0,3 – 0,4 %) хорошо растворяется в аустените, определяет характер структурных изменений аустенита при охлаждении в твердом состоянии. Введение никеля совместно с хромом нейтрализует его графитизирующее влияние.

При модифицировании чугуна церием и кальцием содержание серы снижалось на 30 – 55 %. Церий влияет на механизм роста и строение колоний

аустенито-карбидной эвтектики. Уменьшая активность углерода в жидкости, церий затрудняет образование центров эвтектического превращения, способствуя увеличению пересохлаждения и повышая склонность к отбелу. Кроме того, вследствие низкой растворимости в эвтектических фазах, церий и кальций, накапливаясь перед фронтом зародившейся колонии, препятствуют разветвлению растущих кристаллов аустенита и карбида. Результатом является переход от сосового ледебурита к пластинчатому, что улучшает пластичность при последующей деформации. Кроме того, влияние этих элементов проявляется в уменьшении содержания вредных примесей.

Уровень свойств данного чугуна в литом состоянии следующий: $\sigma_b = 491 - 530$ МПа, $\sigma_{0.2} = 620-616$ МПа, $KC = 4,9$ Дж/см², НВ 395-407. Структура состоит из мелкодисперсного пластинчатого перлита I балла и карбидной сетки по границам зерен, размер которых 50 – 55 мкм (рис. 1а).

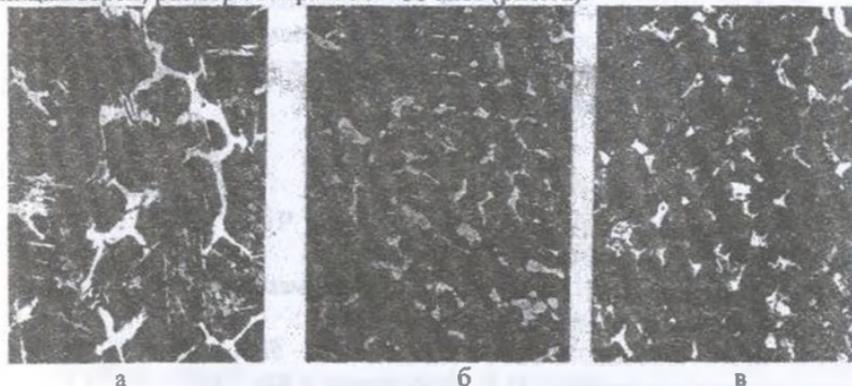


Рис. 1. Микроструктура белого чугуна: а – в литом состоянии; б – после пластической деформации (ковки со степенью укова 3); в – после закалки в масло ($t_n = 850^\circ\text{C}$) и отжига I рода ($t_n = 300^\circ\text{C}$); Травление 4% раствором азотной кислоты в этиловой спирте: а, б, в – $\times 100$

При выборе способа пластической деформации исходили из необходимости обеспечения удовлетворительной деформируемости заготовок и оптимального уровня механических свойств [2 – 5].

Как показали исследования, наилучшим способом пластической деформации является ковка (степень укова $S = 3$), обеспечивающая сочетание удовлетворительной деформируемости (4-5 балл) и высокий уровень механических и служебных свойств по всему сечению поковки: $\sigma_b = 1017-1113$ МПа, $\sigma_{0.2} = 1565-1709$ МПа, $KC = 14,4 - 13,0$ Дж/см², НВ 383 – 396, термическая выносливость – более 3000 циклов, износостойкость – $(5,6 - 7,0) \cdot 10^6$ г/см²с.

Структура представляет собой мелкодисперсный перлит I балла и раздробленную карбидную фазу, расположенную в виде изолированных включений по сечению заготовки. Размер зерна уменьшается до 15 – 30 мкм (рис 1б).

При возникновении трудностей с механической обработкой белого чугуна

после пластической деформации возможно проведение термической обработки. Первоначальной операцией для подготовки структуры к обработке резанием является отжиг от 850°C с печным охлаждением. Твердость чугуна снижается до HB 250 – 262.

После черновой механической обработки необходимо проведение упрочняющей термической обработки, включающей закалку в масло или водовоздушной смесью ($t_n = 850^\circ\text{C}$) и последующий отжиг I рода ($t_n = 300^\circ\text{C}$), что обеспечивает получение бейнитной матрицы (рис.10) и следующего уровня свойств: $\sigma_b = 1151 - 1204$ МПа, $\sigma_{0.2} = 1457 - 1564$ МПа, $K_{IC} = 9,8 - 12,1$ Дж/см², HB 589 – 605, термическая выносливость - > 3000 циклов до разрушения, износостойкость - $(5,0 - 5,4) \cdot 10^{-6}$ г/см²·с.

Таким образом, разработанный белый экономнолегированный чугун после пластической деформации и последующей термической обработки имеет повышенный уровень прочностных и пластических свойств в сочетании с высокой износостойкостью и термической выносливостью, что позволяет рекомендовать этот материал для изготовления различных деталей сельскохозяйственного оборудования.

Список литературы

1. А.с 1546510 СССР, МКИ С22С 37/06. Чугун /Т.С. Скобло и др. – Оpubл. 01.11.89г., Бюл. №8
2. Другутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. – М: Металлургия, 1977. – 431с.
3. А.с. 1759905 СССР, МКИ С21Д 5/00. Способ обработки высокоуглеродистых сплавов / И.А. Белоглазова и др.- Оpubл. 08.05.92г., Бюл. № 33.
4. Скобло Т.С., Кулешова И.А. Новый способ производства белого деформируемого чугуна – высокоэффективного материала для деталей сельскохозяйственного оборудования // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вісник ХДТУСГ, вип.8 том 1. – Харків, 2001. – с. 13 – 18.
5. Технология получения сортового проката из белого чугуна: Рекламный проспект /ДМЕТИ. Днепропетровск.-1986.-1с.

Аннотация

Повышение эксплуатационных свойств белого чугуна – высококачественного материала для деталей сельскохозяйственных машин

Исследование возможности использования белого чугуна для деталей сельскохозяйственных машин.

Литой белый чугун, содержащий 2,4 – 2,6%С, 1,0 – 2,0 % Cr после пластической деформации и последующей термической обработки имеет высокий уровень механических свойств, износо- и термической стойкости и

может быть использован для изготовления деталей сельскохозяйственного оборудования.

Abstract

Increase of performance properties of white cast iron – highquality material for parts of agricultural machines.

Research of potentialities to use of deformed white cast iron for details of the agricultural equipment.

White cast iron, which contain 2,4 – 2,6%C, 1,0 – 2,0%Cr, has high level of mechanical properties, wear and thermal resistant after plastic deformation and following thermal treatment and can be used for making of parts of agricultural equipment.