

Сидорчук Олег Николаевич

кандидат технических наук, старший исследователь

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины

Центр исследований и технологий ИПМ Нинбо, город Нинхай,

провинция Чжецзян, Китайская Народная Республика

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ АУСТЕНИТНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕДИ

Позняк Л. А. [1] установил границу теплостойкости штамповых сталей до 40 HRC за комнатной температуры и, установил такие явления штамповых сталей, как коагуляция карбидной составляющей та разупрочнения в период эксплуатации при повышенных температурах. В работе [2] было исследовано штамповую сталь марки 4X3H5M3Ф для изготовления штампового инструмента для изготовления матриц, которые используют для горячего деформирования медно-никелевого сплава за температур эксплуатации выше 850 °С, что показало повышенный ресурс эксплуатации по сравнению из сталью 3X3M3Ф. Сталь 4X3H5M3Ф относится к сталям с регулируемым аустенитным превращением при эксплуатации (РАПЕ). Такие стали как РАПЕ, показали повышенный ресурс эксплуатации по сравнению с легированными конструкционными сталями на ферритной основе и, активно исследуются в научных кругах [3-6]. После термической обработки (заковки за температуры 1030 ± 10 °С и отпуска – 580 °С) стали 4X3H5M3Ф её теплостойкость была занижена и составляла при 620 °С – твердость 40 HRC за комнатной температуры (рис., кривая 1). При такой заниженной теплостойкости стали будет способствовать к разрушению матриц для горячего деформирования меди (за эксплуатационных температур выше 620 °С). Таким образом, основная задача работы заключалась в том, чтоб повысить теплостойкость исследуемой стали и увеличить размер рабочего калибровного отверстия матрицы. Процесс разупрочнения стали сопровождается

коагуляцией карбидной составляющей. Известно, что присутствие Cr в стали затрудняет образование стабильных карбидов $(Fe,V)C$ или $(Fe,Mo)_2C$ и расширяет концентрационную область, в которой существует карбид $(Fe,Cr)_{23}C_6$ [7, 8]. Быстрее в процессе отпуска закаленной стали коагулирует карбид типа $M_{23}C_6$ за счет этого возникает хрупкость второго рода. Повышение жаростойкости стали на основе системы Fe-Cr-Ni-Mo обеспечивают такие карбидообразующие компоненты как V, Ti, Nb, которые увеличивают сопротивление ползучести в условиях диффузных механизмов пластичности [7], поскольку это достигается за счет увеличения прочности межатомной связи. Никель наиболее надежно и сильно снижает критическую температуру хрупкости (увеличивает движение дислокаций для снижения напряжений на границах зерен) и способствует сохранению пластичности стали при статической нагрузке до критической температуры A_1 . Меньшей склонностью к коагуляции обладают карбиды типа M_6C , особенно MC. При повышении температуры закалки стали дает возможность больше растворить карбидную фазу $M_{23}C_6$. В процессе отпуска образуются другие типы карбидной составляющей, которые меньше коагулируют и повышают вторичную твердость. Таким образом, возникла необходимость повысить легирующие компоненты в химическом составе исследуемой стали: до 1 % Cr, до 1 % Mo, до 0,5 % V (сталь 4X4H5M4Ф2) и увеличить температуру закалки стали для того, чтоб больше растворить карбидную фазу $M_{23}C_6$ в гомогенном аустените твердого раствора. Оптимальную температуру закалки стали повышать только до проявления первичной рекристаллизации. Температуру закалки стали 4X4H5M4Ф2 повышали пошагово, через каждые 10 °C (от 1020 °C до 1150 °C) и, определяли механические свойства (твердость, предел прочности и ударную вязкость). В работе было установлено, начало первичной рекристаллизации исследуемой стали 4X4H5M4Ф2 «Проведение закалки стали за температуры 1110 °C, механические свойства понижались». Таким образом, было установлено оптимальную температуру закалки стали 1100 ± 10 °C. При последующей термической обработке (отпуск за температуры 600 °C) исследуемой стали 4X4H5M4Ф2 её теплостойкость была

повышена на 30 °С по сравнению со сталью 4Х3Н5М3Ф (рис., кривая 1 и кривая 2). Таким образом, при повышении теплостойкости стали, можно увеличивать размер рабочего калибровного отверстия матрицы для горячего деформирования меди. А при корректировке химического состава стали с РАПЕ и оптимизации термической обработки, позволяет расширить эксплуатационный температурный диапазон матрицы для горячего деформирования медно-никелевого сплава (за 850 °С) и меди (до 650 °С).

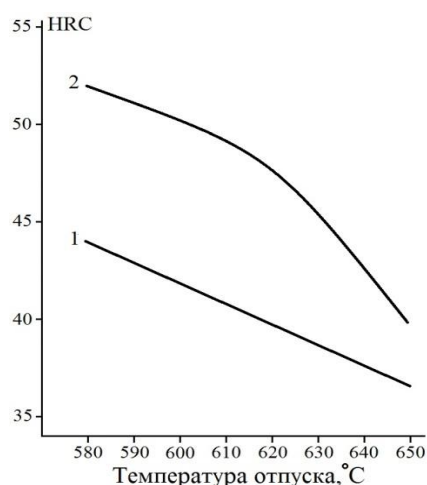


Рис. Зависимость твердости от температуры отпуска сталей:

1 – 4Х3Н5М3Ф, закаленной 1030 ± 10 °С; 2 – 4Х4Н5М4Ф2, закаленной 1100 ± 10 °С

Список источников:

1. Позняк Л.А. *Инструментальные стали*. К.: Наукова думка, 1996. 488 с. http://books.zntu.edu.ua/book_info.pl?id=19657
2. Гогаєв К.О., Радченко О.К., Сидорчук О.М., Лук'янчук В.В. Технологія виготовлення штампової сталі 40Х3Н5М3Ф для гарячого деформування. *Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»* (Київ: Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України). 2015. С. 669–672. [Patonpublishinghouse.com/rus/compilations/resurs2015](http://patonpublishinghouse.com/rus/compilations/resurs2015)
3. Лебедева Н.В. *Повышение стойкости инструмента для прессования труднодеформируемых цветных сплавов из сталей с регулируемым аустенитным превращением при эксплуатации*. Автореф. дис ... к.т.н. 05.02.01 – Материаловедение (Машиностроение): Санкт-Петербург, 2005. 18 с. <https://elib.spbstu.ru/dl/916.pdf/download/916.pdf>

4. Нгуен Суан Хоан. *Структура и упрочнение стали с регулируемым аустенитным превращением при эксплуатации*. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: Москва, 2021. 113 с. https://misis.ru/files/18947/Диссертация_Нгуен%20Суан%20Хоан-МИСиС.pdf
5. Перепелькіна М.Н. Грабовский В.Я. *Вибір ефективного легування нових штампових сталей з аустенітним перетворенням при експлуатації*. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2016. № 1. С. 11–15. <https://cyberleninka.ru/article/n/vibir-efektivnogo-leguvannya-novih-shtampovih-staley-z-austenitnim-peretvorennjam-pri-ekspluatatsiyi>
6. Сидорчук О.М. Сталь з регулюванням аустенітного перетворення при експлуатації. *Metal Science and Treatment of Metals*. 2021. № 2. С. 47–53. <https://doi.org/10.15407/mom2021.02.047>
7. Меськин В.С. *Основы легирования стали*. Москва: Металлургиздат, 1959. 688 с. <https://www.chipmaker.ru/files/file/11749/>
8. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. *Превращения в железе и стали*. Москва: Наука, 1977. 338 с. <https://www.twirpx.com/file/1051184/>