

Влияние термообработки на структуру, метастабильность аустенита и износостойкость цементованных сталей 12Х2Н4МА и 18Х2Н4МА

¹ Чейлях Александр Петрович, доктор технических наук, профессор
² Караваева Наталья Евгеньевна, преподаватель

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина

Аннотация: Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния закалки и отпуска при различных температурах после цементации на структуру, твердость и износостойкость сталей 12Х2Н4МА и 18Х2Н4МА. Определены оптимальные технологические режимы, которые позволяют повысить износостойкость стали в 2,5-3 раза. Показано, что для повышения сопротивления изнашиванию цементованных сталей последующая термообработка должна быть направлена на получение в поверхностном слое метастабильной аустенитно-мартенситно-карбидной структуры, в которой метастабильный остаточный аустенит способен к деформационному мартенситному превращению при изнашивании.

Ключевые слова: цементация, закалка, метастабильный остаточный аустенит, износостойкость, твердость.

Важность проблемы прочности и износостойкости металлических сплавов подтверждается острой необходимостью повышения надежности и долговечности современных тяжело нагруженных машин. Наиболее эффективным и надежным способом решения этой проблемы остается цементация. Однако роль остаточного аустенита ($A_{ост}$) при этом остается спорной. Целью настоящей работы является изучение возможности повышения износостойкости легированных цементуемых сталей за счет сохранения определенного количества метастабильного $A_{ост}$ и реализации его деформационного мартенситного $\gamma_{ост} \rightarrow \alpha'$ превращения в процессе испытаний на изнашивание (ДМПИ).

Объектом исследования служили стали 12Х2Н4МА и 18Х2Н4МА. Образцы которых подвергались цементации в твердом карбюризаторе при температуре 930°C в течение 10 часов, с охлаждением с печью. Для стали 12Х2Н4МА ва-

рьировалась температура закалки после цементации в интервале 780-1040°C (отпуск при 200°C). Для стали 18Х2Н4МА проводилась закалка с повышенной температуры 1100°C, температура последующего отпуска варьировалась в интервале 200-600°C.

Нагрев стали при температурах аустенизации 780–840°C не обеспечивает полного растворения карбидов. В связи с этим, не достигается максимальное насыщение аустенита углеродом и легирующими элементами. По мере повышения температуры нагрева под закалку в выбранном интервале в поверхностном слое количество мартенсита закалки и карбидов уменьшается, а количество $A_{ост}$ возрастает. После закалки стали 12Х2Н4МА с максимальных температур выбранного диапазона 1000–1040°C структура поверхностного слоя состоит из мелкоигольчатого мартенсита, нерастворившихся равномерно распределенных карбидов и повышенного количества (60-80%) $A_{ост}$ (рис. 1).

Закономерность изменения полученной микроструктуры от температуры нагрева под закалку

ку цементованных сталей неоднозначно определяет износостойкость.

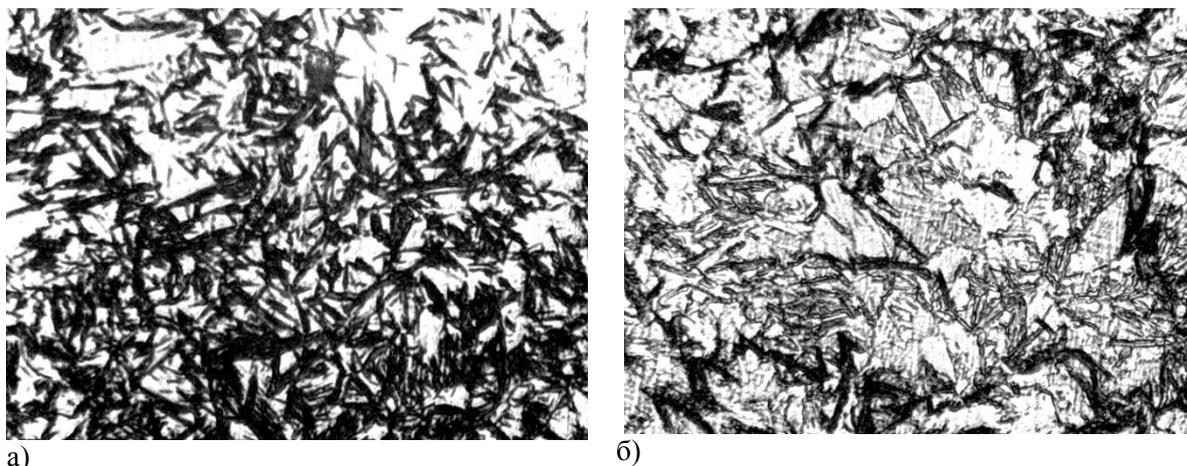


Рис. 1. Микроструктура цементованной стали 12X2H4MA после закалки с температур (отпуск при 200°C): а) 1000°C; б) 1040°C; x1200

Повышение относительной абразивной износостойкости (ϵ_a) и износостойкости в условиях сухого трения металл по металлу (ϵ) стали 12X2H4MA достигается после закалки цементованной стали с температур $\sim 800^\circ\text{C}$, а при нагреве

до 1040°C ϵ_a и ϵ возрастают в еще большей степени (рис. 2). При этом износостойкость увеличивается в 2,5-3 раза (рис. 2) по сравнению со стандартной закалкой с $780-810^\circ\text{C}$, рекомендованной справочной литературой.

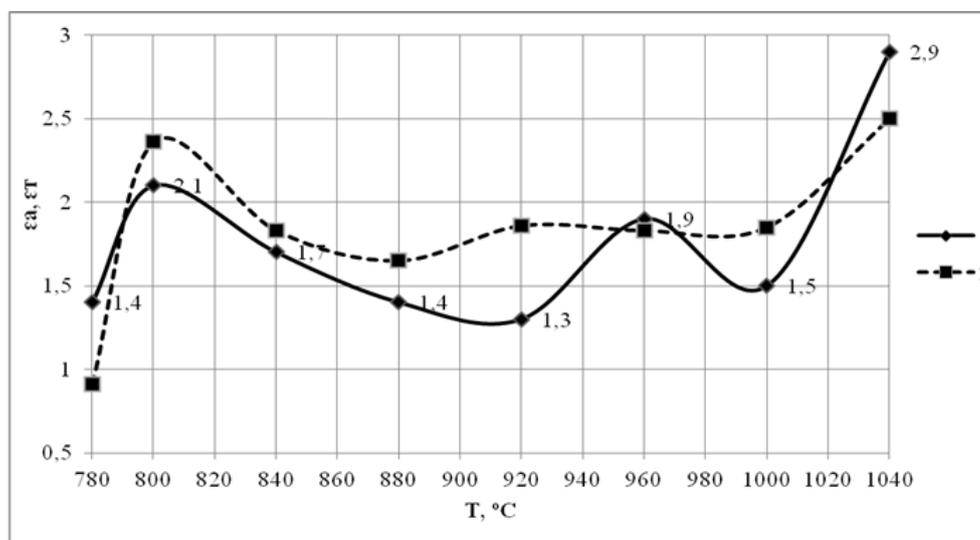


Рис. 2. Относительная абразивная износостойкость (1) и относительная износостойкость в условиях сухого трения скольжения металл по металлу (2) цементованной стали 12X2H4MA после закалки с различных температур и низкого отпуска

В первом случае количество $A_{\text{ост}}$ было 15-20%, а во втором 60-80%. Причиной повышения износостойкости в первом случае является образование большого количества цементита и мартенсита закалки. Дополнительным и существенным фактором является метастабильность $A_{\text{ост}}$ и реализация $\gamma_{\text{ост}} \rightarrow \alpha'$ ДМПИ. В результате образующийся мартенсит деформации, отличающийся повышенной дисперсностью и твердостью, вызывает эффект деформационного самоупрочнения непосредственно в ходе изнашивания, а

процесс его образования – релаксацию микронапряжений. Еще больший эффект самоупрочнения от реализации ДМПИ проявляется после закалки с повышенной температуры 1040°C , так как образуется большее количество мартенсита деформации. При других температурах нагрева под закалку износостойкость несколько ниже максимальных значений.

После предварительной закалки с 1100°C в цементованном слое содержится повышенное количество ($\approx 60\%$) $A_{\text{ост}}$.

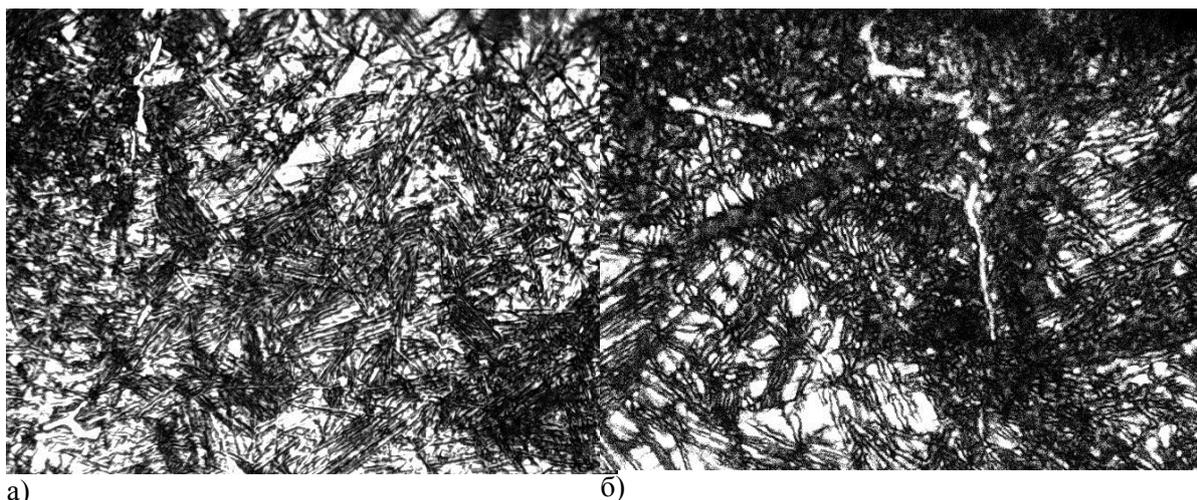


Рис. 3. Микроструктура цементованной стали 18X2H4MA после закалки с 1100°C и отпуска при температурах: а) 500°C; б) 600°C, x1200

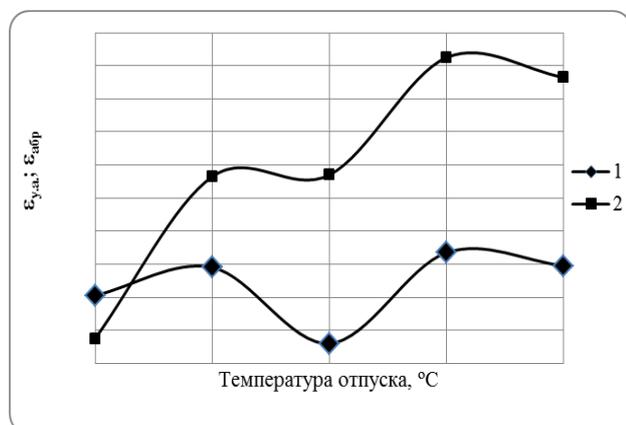


Рис. 4. относительная абразивная износостойкость (1) и относительная износостойкость в условиях сухого трения скольжения металл по металлу (2) цементованной стали 18X2H4MA после закалки с температуры 1100°C и отпуска при различных температурах

Последующий отпуск цементованной и закаленной стали 18X2H4MA неоднозначно влияет на фазово-структурный состав науглероженного слоя и степень метастабильности $A_{ост}$. С увеличением температуры отпуска от 200 до 600°C в следствие дестабилизации аустенита активируется $\gamma_{ост} \rightarrow \alpha'$ ДМПИ. Причем, если после отпуска при температуре 40 °C в рабочей части испы-

туемых образцов вследствие ДМПИ образуется преимущественно мартенсит деформации, то после дестабилизирующего отпуска при 500 и 600°C наблюдается выделение карбидов ((Fe,Cr)₃C и Mo₂C) одновременно с образованием мартенсита деформации – более дисперсного и твердого (рис. 3). Это приводит к повышению твердости до HRC 56-59. В результате более интенсивного развития $\gamma_{ост} \rightarrow \alpha'$ ДМПИ достигаются наиболее высокие показатели относительной износостойкости (рис. 4).

Таким образом, для повышения сопротивления изнашиванию цементованных сталей последующая термообработка должна быть направлена на получение в поверхностном слое метастабильной аустенитно-мартенситно-карбидной структуры. При закалке с повышенной оптимальной температуры, либо при закалке с повышенных температур (~1100°C) и дестабилизирующего отпуска при оптимальной температуре 500°C можно добиться существенного повышения износостойкости цементованных изделий, что позволит сократить расходы на ремонт и замену деталей оборудования, работающего в тяжело нагруженных условиях.

Литература

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – Справочник / Под ред. Ляховича Л.С. – М.: Металлургия, 1981. – 426 с.
2. Влияние цементации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и абразивную стойкость Fe-Cr-Mn сталей / Л.С. Малинов, А.П. Чейлях, Е.Л. Малинова // Изв. АН СССР. Металлы. – 1991. - № 1. – С. 120-122.
3. А.П. Чейлях, Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.
4. О роли остаточных напряжений в повышении предела выносливости стали при химико-термической обработке / Б.Г. Гуревич, С.Ф. Юрьев // М.: Машгиз, 1952. С. 43-63.
5. Коршунов Л.Г., Макаров А.В., Черненко Н.Л. Влияние остаточного аустенита на абразивную износостойкость высокоуглеродистых сталей // Тез. докл. V Всесоюз. Совещ. 11-15 марта. Свердловск, 1991. – С.34.

Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8, 2013

Cheiliakh A.P., Karavaieva N.E.

Influence of heat treatment on the structure, metastable austenite and wear resistance of carburized steels 12H2N4MA and 18H2N4MA

Abstract: The results of experimental research of the influence the temperature of hardening and tempering after carburizing and quenching on the structure, hardness and wear resistance of steels 12X2H4MA and 18X2H4MA presented. The optimal technological regimes that improve wear resistance of steel 2,5-3 times were determined. It is shown that to improve the wear resistance of carburized steels subsequent heat treatment should be directed at getting to the surface layer of a metastable austenitic-martensitic-carbide structure in which the metastable retained austenite is capable of deformation induced martensite transformation at wear.

Keywords: carburizing, quenching, metastable residual austenite, wear resistance, hardness.