УДК 669.14.018

ТЕХНОЛОГИЯ СКОРОСТНОЙ ЗАКАЛКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

HIGH-SPEED HARDENING TECHNOLOGY FOR HIGH-SPEED STEELS

Думанский Игорь Олегович
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры инжиниринга транспортно-технологических средств и оборудования,
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
i.dumanskij@narfu.ru

Думанский Андрей Игоревич
кандидат технических наук,
зав. лабораторией кафедры инжиниринга транспортно-технологических средств и оборудования
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
Тел.: +7(911) 552-09-33
a.dumanskij@narfu.ru

Dumansky Igor Olegovich
Ph. D, associate professor,
associate professor Department of Engineering of Transport and Technological Means and Equipment,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
i.dumanskij@narfu.ru

Dumansky Andrey Igorevich
Ph. D, head laboratory of the Department of Engineering of Transport and Technological Means and Equipment,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov.
a.dumanskij@narfu.ru

Аннотация. В статье рассмотрен один из современных путей повышения теплостойкости быстрорежущих и высоколегированных инструментальных сталей карбидного класса за счёт активирования процессов растворения тугоплавких карбидов при закалке с использованием скоростного (до 3000 °С/с) нагрева, обеспечивающего термическое разрушение крупных тугоплавких карбидов и интерметаллидов и повышение концентрации легирующих элементов в твёрдом растворе. Определены оптимальные режимы скоростного нагрева при закалке.

Ключевые слова: быстрорежущие стали, теплостойкость, скоростной нагрев, остаточный аустенит, тугоплавкие карбиды и интерметаллиды, аустенитизация.

Annotation. This article examines a modern approach to increasing the heat resistance of high-speed and high-alloy carbide tool steels by activating the dissolution of refractory carbides during hardening using high-speed heating (up to 3000°C/s). This heating ensures the thermal destruction of large refractory carbides and intermetallic compounds and increases the concentration of alloying elements in the solid solution. Optimal high-speed heating conditions during hardening are determined.

Keywords: high-speed steels, heat resistance, high-speed heating, retained austenite, refractory carbides and intermetallic compounds, austenitization.

Одним из основных эксплуатационных свойств высоколегированных инструментальных и, особенно, быстрорежущих сталей является теплостойкость. Она характеризует способность этих сталей сохранять требуемый уровень прочностных свойств и, прежде всего – твёрдости при высоких эксплуатационных температурах (до 550–650 °С), достигаемых в зоне резания при обработке заготовок и изделий на высоких скоростях. Для возможности обеспечения показатели в значительной степени зависят от насыщения твердого раствора тугоплавкими легирующими элементами - вольфрамом, молибденом, ванадием в процессе нагрева под закалку. Эти элементы перед закалкой сосредоточены в сложных тугоплавких карбидах вида Me_6C и интерметаллидах. Поэтому при традиционной закалке приходится допускать существенный перегрев быстрорежущих сталей до температур 1220–1300 °С в процессе аустенитизации для растворения таких карбидов и перевода тугоплавких элементов в твёрдый раствор.[1] Но даже в этом случае не удается обеспечить полное их растворение и максимальную степень насыщения образующейся γ-фазы. Это связано с тем, что в этом случае растворяются относительно мелкие вторичные карбиды, в которых находится, как правило менее половины от количества тугоплавких элементов, содержащихся в стали, в то время как основная часть этих элементов сосредоточена в крупных первичных эвтектических карбидах. Такие карбиды даже при температурах около 1300 °С растворяются в самой незначительной степени. Повышение температуры нагрева и времени изотермической выдержки, увеличивая степень растворения, одновременно приводит к росту аустенитного зерна и, в конечном счёте, к снижению механических свойств режущего инструмента. Кроме того, нерастворённые крупные первичные карбиды, остающиеся в структуре быстрорежущей стали, влияя на карбидную неоднородность, также способствуют снижению теплостойкости и ухудшают затачиваемость инструмента и его долговечность, способствуя выкрашиванию режущей кромки и в процессе заточки, и в процессе резания при эксплуатации. [2]

Применение скоростного, особенно, точно управляемого по температуре и времени нагрева при закалке быстрорежущих сталей может позволить достичь более высокой степени растворения тугоплавких

карбидов при умеренных температурно-временных режимах аустенитизации, не вызывая при этом значительного роста аустенитного зерна, а при определённых условиях наоборот, получения супермелкого зерна аустенита, вызванного воздействием высокой скорости нагрева в интервале температур α–γ-превращения. Эффект воздействия высоких скоростей нагрева в плане активизации растворения первичных эвтектических сложных карбидов основан на их термическом разрушении при быстром нагреве. [3] Такой эффект возможен, поскольку эти карбиды обладают низкой теплопроводностью и высокой хрупкостью. В результате такого воздействия более мелкие фрагменты карбидной фазы должны значительно быстрее и полнее растворяться в аустените, что повышает концентрацию тугоплавких элементов в твёрдом растворе и, как следствие этого, ведёт к росту теплостойкости, снижению карбидной неоднородности и повышению эксплуатационных свойств быстрорежущих сталей. [4]

Для подтверждения описанного выше предполагаемого эффекта воздействия скоростного нагрева при закалке быстрорежущих сталей на их структуру и свойства были проведены исследования на экспериментальной установке скоростного электроконтактного нагрева. [5] Эти исследования проводили на ленточных образцах из широко распространённой быстрорежущей стали Р6М5. Нагрев под закалку осуществляли в защитной среде аргона для исключения обезуглероживания в интервале скоростей нагрева 100–3000 °С/с, температур нагрева в интервале 1200–1300 °С и времени изотермической выдержки при этих температурах 0–10 с. Степень растворения карбидной фазы оценивали по параметрам удельного электросопротивления, твёрдости и рентгеноструктурному анализу. Кроме того, проводили микроструктурные исследования закалённых образцов.

Анализ результатов эксперимента подтвердил, что применение скоростного нагрева при закалке значительно повышает концентрацию легирующих элементов в твердом растворе, следствием чего является рост твердости, удельного электросопротивления и количества остаточного аустенита в структуре закаленной стали. Металлографически был установлен эффект дробления крупных первичных эвтектических карбидов с одновременным измельчением зерна аустенита до 1–3 мкм. При этом было установлено, что оптимальной является скорость нагрева 3000 °С/с при температуре 1280 °С и времени изотермической выдержки 9 с.

Отрицательное воздействие остаточного аустенита на эксплуатационные свойства стали после скоростной закалки может быть устранено двух или трехкратным последующим отпуском или дополнительной обработкой холодом после закалки. [1]

Список литературы:

1. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, Г.Г.Мухин, В.И.Макарова [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – С. 614–619.
2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М. : Металлургия, 1983. – С. 313–322.
3. Особенности растворения фазы Лавеса в условиях скоростного электроконтактного нагрева при закалке / О.М. Ховова, О.М. Жигалина, И.О. Думанский [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2000. – № 6. – С. 13.
4. Пластичность инструментальных сталей в зависимости от условий нагрева при деформации / Н.В. Пасечник, А.В. Супов, А.Г. Рахштадт [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2003. – № 9. – С. 31–35.
5. Думанский И.О. Разработка и исследование процессов скоростной термической обработки пружинных сталей перлитного класса с целью повышения уровня эксплуатационных свойств упругих элементов : Автореф. дис. … канд. техн. Наук. – М., 1991.

List of references:

1. Materials Science / B.N. Arzamasov, G.G. Mukhin, V.I. Makarova [et al.]; edited by B.N. Arzamasov. – M. : Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2001. – P. 614–619.
2. Geller Yu.A. Tool steels. – M. : Metallurgy, 1983. – P. 313–322.
3. Features of Laves phase dissolution under conditions of high-speed electric contact heating during hardening / O.M. Khovova, O.M. Zhigalina, I.O. Dumansky [et al.] // Metallurgy and heat treatment of metals. – 2000. – № 6. – P. 13.
4. Plasticity of tool steels depending on heating conditions during deformation / N.V. Pasechnik, A.V. Supov, A.G. Rakhstadt [et al.] // Metallurgy and heat treatment of metals. – 2003. – № 9. – P. 31–35.
5. Dumansky I.O. Development and study of high-speed heat treatment processes for pearlitic spring steels in order to improve the performance properties of elastic elements: Abstract of Cand. Sci. (Eng.). – M., 1991.