

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАКАЛЕНАТА ЗОНА НА КОНСТРУКЦИОННИ СТОМАНИ СЛЕД ОБРАБОТКА С CO₂ - ЛАЗЕР

Николай Иванов Кемилев

kemilev@vtu.bg

***ВТУ “Тодор Каблешков”, София, ул. “Гео Милев” №158, София
България***

Ключови думи: лазерна термична обработка, конструкционни стомани.

Резюме: Изследвано е влиянието на режима на лазерната термична обработка с непрекъснат CO₂ лазер „Хебър - 1” върху някои от параметрите на закалената зона. Установено е лазерната термична обработка позволява да се получат закалени слоеве с параметри (дълбочина, повърхностна твърдост, разпределение на твърдостта и др.), които удовлетворяват изискванията за повърхностна термична обработка в общото машиностроене.

Лазерната термична обработка е един от перспективните методи за повърхностно уякчаване на металите, който намира приложение в редица отрасли на машиностроенето, като автомобилната промишленост, точното уредостроене, производството на металорежещи машини и др. При него се получава висок ефект на уякчаване, който се дължи на измененията на структурата и свойствата при високите скорости на нагриване и охлаждане. Други съществени предимства са възможността за локално въздействие, значително по-ниските деформации, повишената култура на производство и др. Широкото внедряване на лазерните технологии за термична обработка се затруднява от липсата на данни за връзката на параметрите на закалената повърхностна зона с режима на облъчване. Необходимостта от такива данни се дължи на бързото навлизане в практиката на лазерни технологични комплекси, снабдени с мощни непрекъснати CO₂ лазери, каквито се произвеждат и у нас. За обработване с импулсни твърдотелни лазери са известни изследвания, но този вид лазери могат да удовлетворяват само изискванията на някои отрасли като микроелектроноката, прецизното уредостроене и др.

Целта на настоящата работа е да се изследва връзката между някои от параметрите на закалената зона (максимална дълбочина на закаляване, максимална повърхностна твърдост, разпределение на твърдостта в дълбочина

на закаления слой, влияние на степента на припокриване върху твърдостта на закалената зона) и режима на облъчване при използване на технологичен лазерен комплекс „Хебър-1”.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Лазерната термична обработка бе проведена на лазерен технологичен комплекс „Хебър-1” при максимална мощност от 900 вата. Обработени бяха плоски образци (размери 6x30x100мм) от широко използваните стомани 20Х, 12ХНЗА, 45 и 40Х, след предварително термично подобряване. За намаляване на коефициента на отражение, всички образци бяха предварително фосфатирани. Режимите на обработване бяха подбрани така, че да се получи ефект на закаляване без стопяване и повреждане на повърхността на стоманите. Класът на грапавост на шлифованите повърхности не се променяше след лазерната обработка. Като променливи параметри в режима на обработване бяха избрани скоростта на движение на лазерната глава и фокусното разстояние. За защита на стоманите от окисляване по време на облъчване бе използван технологичен газ аргон.

Параметрите на закалената зона са определени чрез макро- и микроструктурен анализ. Микротвърдостта е измерена с натоварване 10N.

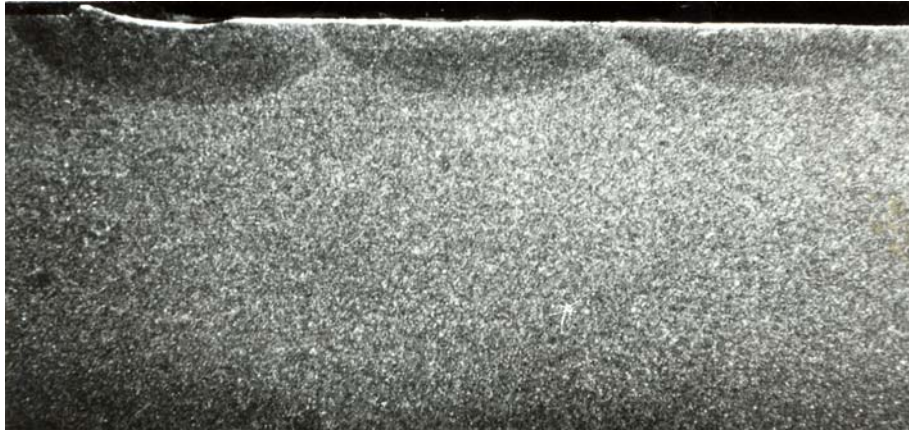
РЕЗУЛТАТИ

1. Влияние на режима на облъчване върху дълбочината на закаления слой

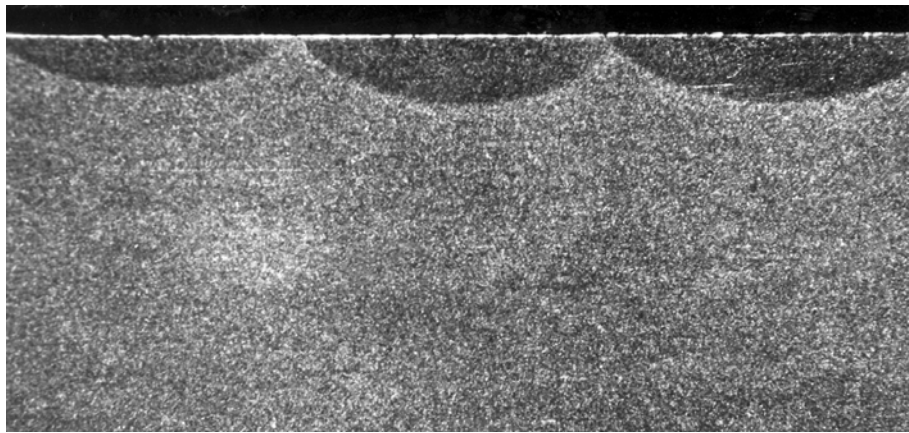
При разработване на лазерни технологии за термична обработка е необходимо да се установи зависимостта на дълбочината на закалената зона от вида на предварителна термична обработка и от режима на облъчване. Това е от съществена важност за конструкторите на изделията, за да могат да осигурят изискваните свойства. Дълбочината на закаляване може да се регулира чрез изменение на мощността на лазерния източник и на скоростта на движение на детайла. В работата е възприет следният подход: мощността на източника се установява на максимална стойност, а се променя скоростта на движение на лазерната глава. Не са експериментирани малки мощности, поради това, че за голяма част от детайлите в общото машиностроене се изисква създаване на уякчена повърхностна зона с дълбочина 0,5-1,0мм, а малките мощности не могат да осигурят закаляване на посочените дълбочини. Освен това, при малките мощности, скоростта на движение на детайлите е ниска, което намалява производителността и увеличава опасността от стопяване на повърхността.

За определяне на възможностите на комплекса „Хебър-1” за термична обработка, бяха проведени опити върху стомани 20Х, 45 и 40Х. На фиг. 1-3 са показани макроструктурите на посочените стомани. Получени бяха следните дълбочини на закаляване без стопяване: фиг. 1 (отляво надясно) 0,85, 0,8, 0,7mm, фиг. 2 – 0,45, 0,69, 0,7mm, фиг. 3 -0,62, 0,54, 0,43mm.

На фиг.4 е дадена графично зависимостта на дълбочината на закалената зона от скоростта на движение на лазерната глава при мощност на източника 900W.



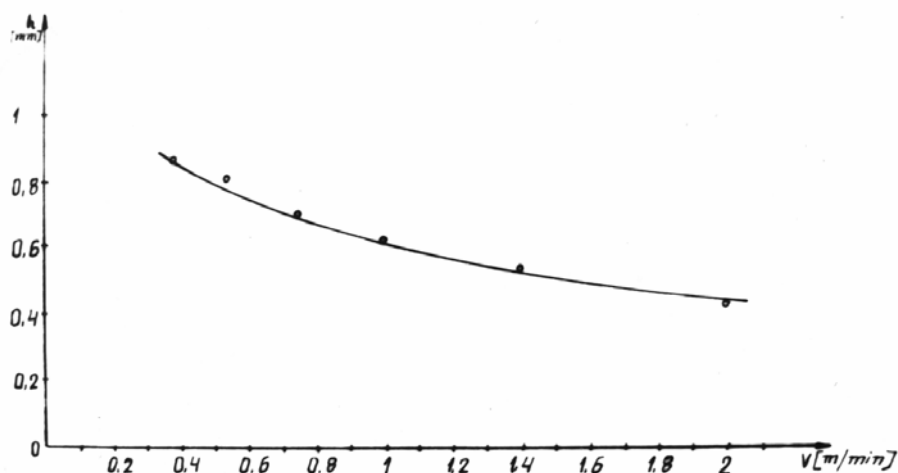
Фиг.1 - Стомана 20X - 12:1



Фиг.2 - Стомана 45 - 12:1



Фиг.3 - Стомана 40X - 12:1



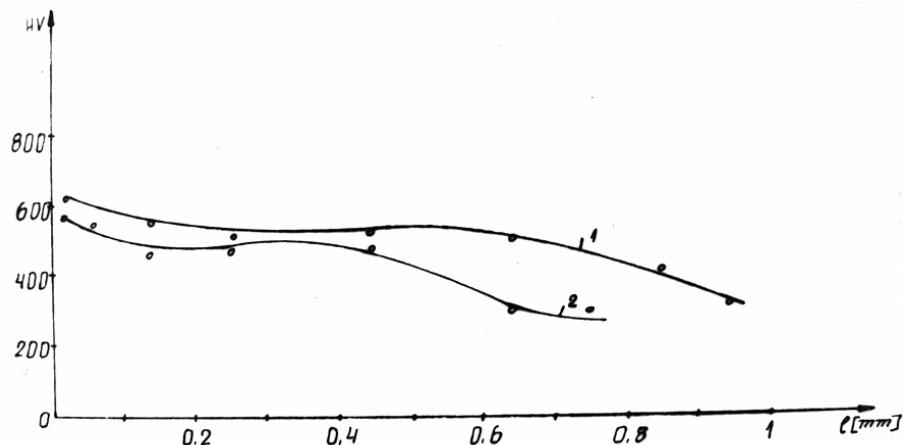
Фиг.4

Резултатите показват, че с лазерният технологичен комплекс „Хебър-1” е възможно да се получи различна дълбочина на закалената зона на ниско- и средновъглеродни конструкционни стомани. При поставените условия на експериментите (мощност на източника 900W и скорост на движение на лазерната глава в рамките на възможностите на машината 0,2-2m/min те варират от 0,4mm до 0,85mm. Това е достатъчно за да се удовлетворят изискванията за дълбочина на уякчената зона за много детайли в общото машиностроене. При необходимост от по-малки дълбочини, следва да се намали мощността на лазерния източник.

2. Влияние на режима на облъчване върху разпределението на твърдостта в дълбочина на закаления слой

Изменението на твърдостта на закалената зона в дълбочина при работа с непрекъснат CO₂ лазер се подчинява на общите закономерности на изменение на структурата и свойствата на стомани при свръхвисоки скорости на нагриване и охлаждане. При нагриване със скорост 10^4 - 10^5 °C/сек., без задържане при максималната температура се получава изместване на температурния интервал на превръщане на перлита в аустенит към по-високите температури и не се достига до пълна хомогенизация на аустенита. Следващото скоростно охлаждане фиксира нееднороден по въглеродно съдържание мартензит в дълбочина на нагретия над температура A_{c3} слой. Проведените експерименти потвърждават тези общи положения. На фиг.5 е показано изменението на микротвърдостта в дълбочина на стомана 20X след обработване с непрекъснат CO₂ лазер по следния режим: мощност на източника 920W, скорост на главата 1- 370mm/min, 2- 1000mm/min.

От графиката се вижда, че се получава постоянна (максимална) твърдост до дълбочина 0,65mm (режим 1) и 0,45mm – (режим 2). Това обстоятелство е много важно за технологията на термична обработка, защото в практиката се изисква еднаква структура и свойства по дълбочина на уякчения слой.



Фиг.5

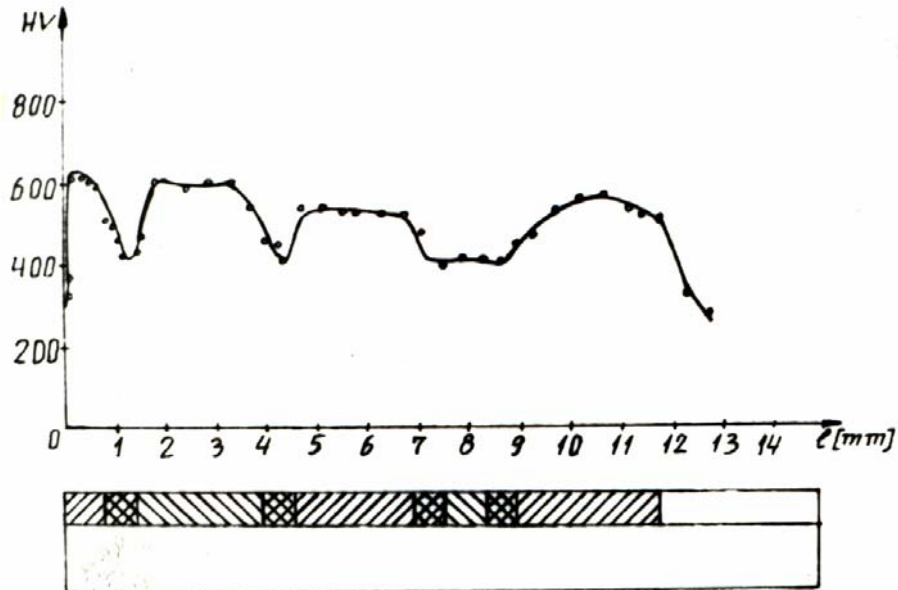
Получените резултати по отношение на дълбочина на зоната и разпределението на твърдостта показват, че по тези показатели лазерната технология за термична обработка е конкурентно способна по отношение на класическите технологии- ТВЧ закаляване и ХТО навъглеродяване.

3. Влияние на степента на припокриване на пътеките на обработка върху разпределението на твърдостта на повърхността и в дълбочина

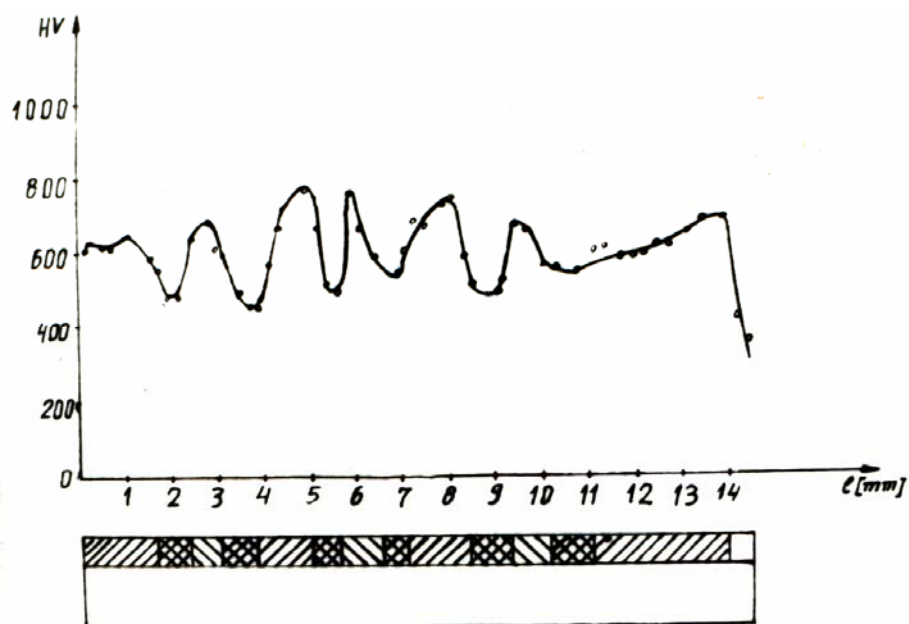
При създаване на лазерни технологии за термична обработка на стомани, следва да се обсъди и реши въпросът за тяхната производителност. Сега пред машиностроенето стои задачата да се внедри този вид обработване в общото машиностроене в условията на средно- и едросерийно производство, а с помощта на ГАПС и в дребносерийното производство. Тук технологичните комплекси с мощни непрекъснати CO₂ лазери имат безспорно предимство пред твърдетелните лазери с импулсно действие. Широчината на обработваните пътеки при ТО (без стопяване) пряко зависи от мощността на лазерния източник. При CO₂ лазери с мощност 1-2 киловата, тя е 3-6mm, а при мощност 5-10 киловата достига до 10-15mm. В много случаи това не е достатъчно за обработване на детайла с едно преминаване на лазерната глава. За разширяване на широчината на обработване при еднократно преминаване се прилага напречно сканиране на лазерната глава или на детайла. Тази тенденция изисква допълнителни промени в оптичната система на лазера и засега е решена само от някои от водещите фирми, производители на подобна техника в САЩ, Япония и др. При липса на сканиращи устройства се налага нанасяне на няколко пътеки чрез последователно преминаване на главата по широчина на детайла. В този случай, трябва да се оцени изменението на структурата и свойствата на стоманите в зоните на припокриване на съседните пътеки. Тъй като разпределението на плътността на светлинния поток в нашия случай не е еднакво по цялата широчина на пътеката, в зоната на припокриване се получава нагряване на различните ѝ участъци до различна температура. В участъците с температура над Ас₃ се образува аустенит, а при охлаждане настъпва повторно закаляване. В местата, които са нагreti под Ас₁, протича скоростно отвъръщане на мартензита от първото нагряване. По този начин структурата на зоните на припокриване се състои от редуващи се закалени с отвърнати участъци.

Тъй като повечето от детайлите са подложени на износване в условията на триене е необходимо да се знае влиянието на степента на припокриване върху твърдостта на самата повърхност. С тази цел бяха проведени експерименти върху стомана 12ХН3А. На фиг.6 е показано изменението на повърхностната твърдост при мощност 900W и скорост 1000mm/min при коефициент на припокриване 0,2 (а) и 0,35 (б). Измерването на твърдостта е проведено на повърхността напречно на пътеките със стъпка 0,5mm.

Беше оценено и влиянието на припокриването върху микротвърдостта в дълбочина на закалената зона. На фиг.7 е дадена тази зависимост, получена за стомана 45 при коефициент на припокриване 0,3.

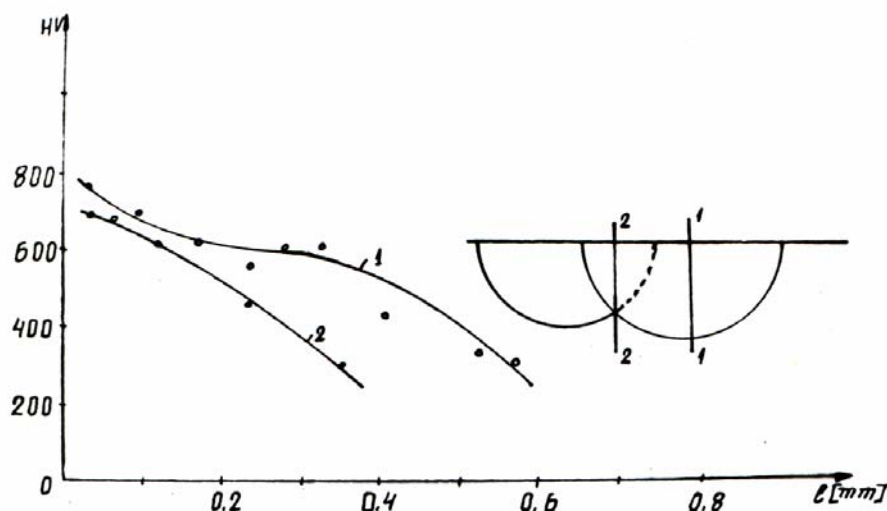


(а)



(б)

Фиг.6



Фиг.7.

На фиг.6. се вижда, че в припокритата зона на пътеките действително се получава ефект на разякчаване. Широчината на разякчената зона пряко зависи от коефициента на припокриване. От гледна точка на намаляване на ширината на тази зона, следва припокриването да се намали до минимум, когато се изисква постоянна твърдост на повърхността. Но за редица детайли не се поставя подобно изискване. В този случай, между пътеките може да се оставя дори необработена зона. На фиг.7 се вижда, че в зоната на припокриване, твърдостта намалява в дълбочина значително по-бързо, отколкото в центъра на пътеката. Повърхностната твърдост до дълбочина 0,1 mm е еднаква в двете зони.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвано е влиянието на режима на лазерната термична обработка с непрекъснат CO_2 лазер „Хебър - 1” върху някои от параметрите на закалената зона. Установено е:

1. Лазерната термична обработка позволява да се получат закалени слоеве с параметри (дълбочина, повърхностна твърдост, разпределение на твърдостта и др.), които удовлетворяват изискванията за повърхностна термична обработка в общото машиностроене.

2. Лазерния технологичен комплекс „Хебър - 1”, може успешно да се използва за термична обработка на широк кръг детайли. Технологията е конкурентно способна по отношение на другите класически методи за повърхностно уакчаване.

3. Производителността на процеса, която зависи и от широчината на пътеките е достатъчна. Тя може да се увеличи чрез лазерно сканиране.

ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Добровская Е.А., Копецкий Ч.В., Крапошнин В.С., Родин И.Е., Выбор параметров лазерного нагрева углеродистых сталей для получения заданной глубины закалки, *Металловедение и термическая обработка металлов*, № 9, 1986.
- [2.] Корнеев В.В., Косырев Ф.К., Морящев С.Ф., О некоторых зависимостях термообработки лазером, *ФиХОМ*, №3, 1990.

STUDY ON THE HARDENED ZONE OF CONSTRUCTIONAL STEELS AFTER TREATING WITH LASER

Nikolay Kemilev

Higher Transport school "T. Kableshkov"
Bulgaria, Geo Milev str. 158

Key words: *laser hardening, steels for construction.*

Abstract: *The laser hardening is a perspective method for surface strengthening. It results in high effect that is due to the high speeds of heating and cooling. The paper presents a study on the zones of hardening of constructional steels after treating with laser. The results have shown that the parameters of hardening meet the requirements of surface hardening.*