

Управляване на металоотнемането при лентовото шлифване

ст.н.с. II д-р инж. Б. Г. Македонски, доц. д-р инж. Г. Б. Таков – МГУ, София,
доц. д.т.н. инж. А. И. Македонски – ТУ, София, н.с. д-р инж. А. С. Стефов.

Резюме: В доклада са анализирани възможностите за управляемо по интензивност и точност лентово шлифване. Изследвано е влиянието на диаметъра на контактната ролка и твърдостта на бандажния ѝ слой върху дълбочината на шлифване, при две схеми на работа. Получени са регресионни уравнения за металоотнемането в зависимост от четири фактора: скорост на абразивната лента, дълбочина на подаване, подавателна скорост на детайла и едрината на абразива в лентата. Резултатите са илюстрирани със съответните графики, а също така графично е интерпретиран най-производителния режим.

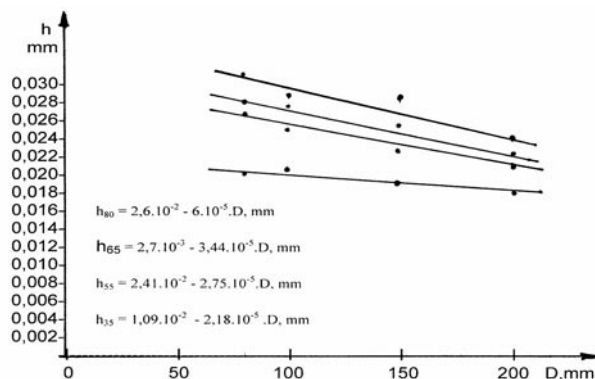
Ключови думи: Лентово шлифване, металоотнемане.

При лентовото шлифване (ЛШ) са валидни общите закономерности на абразивното рязане на металите. Процесът е високопроизводителен и може да се реализира голяма работна повърхност на инструмента, при това лесно се подават на управление както режещите качества на лентата, така и всички технологични параметри на обработката. Твърде важно преимущество за лентовото шлифване е възможността за пълната му автоматизация. Тази широка гама от положителни качества предопределя перспективите за широкото му прилагане. Практически няма работна повърхнина, която да не може да бъде обработена чрез лентово шлифване. То се прилага както при обработката на плоски повърхнини, така също и при външно и вътрешно кръгли такива, при безцентрово шлифване, сложно профилни детайли и др. Покрива се широк спектър от технологични възможности: от интензивно металоотнемане – до финашно шлифване, полиране или чисто декоративна обработка.

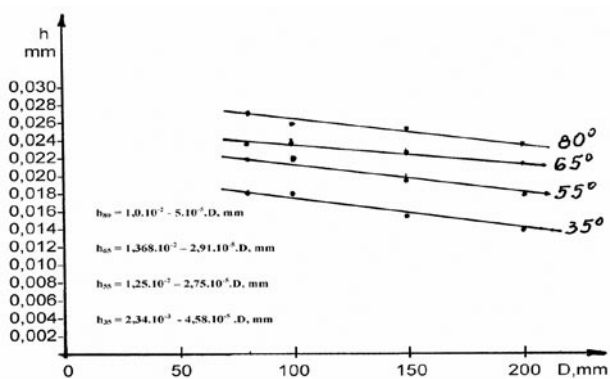
ЛШ се извършва основно по две схеми на работа: при първата – обработвания детайл е твърдо фиксиран върху работната маса, при което имаме еластични деформации само в гумирания бандаж на контактната ролка; докато при втората схема на ЛШ детайлите се подават по гумена транспортна лента до работната зона и се появява една втора еластична деформация от потъването на детайлите в транспортната лента.

Тъй като при ЛШ оказват влияние диаметъра на контактната ролка и твърдостта на гумирания ѝ бандаж, бяха проведени еднофакторни експерименти за проследяване величината на отнетата прибавка h , mm от изменението на тези фактори. Използваха се алуминиеви кантактни ролки с диаметри: 80, 100, 150 и 200 mm и гумирани бандажи с твърдости 35°, 55°, 65° и 80° по Шор.

На фиг. 1 са показани резултатите от тези изследвания в графичен вид.



Фигура 1



Фигура 2

Зависимостите $h = f(D)$ mm са почти прави линии, затова на графиката на фиг. 1 са изведени уравненията им при четирите вида твърдост на бандажната гума, покриваща контактните ролки.

На фиг. 2 е илюстрирана същата зависимост, но при втората схема на работа т.е. детайлите лежат на гумена транспортна лента.

Установи се, че големината на снетата прибавка h , mm расте с нарастване на твърдостта на гумения бандаж и намалява – с увеличаване диаметъра на контактната ролка. При това, за схемата на твърда подложка, снетата прибавка е по-голяма средно с 16 – 20 %. Но ЛШ върху еластична транспортна лента е лесно за автоматизиране, а при това се постига и закръгление на остриите ръбове т.е. тази схема е подходяща за сваляне на заусенци [1].

Общозвестно е, че ЛШ отстъпва по точност на конвенционалните схеми на шлифване. То може да гарантира точност на размерите до 0,01 mm за цилиндрични детайли и 0,05 – 0,07 mm при профилни повърхнини. Ето защо, след като в [2] анализирахме възможностите на процеса по отношение на получаваната грапавост, то сега си поставяме задачата да намерим алгоритъма на управляемото металоотнемане. Прибегнахме до четирифакторен експеримент, защото толкова са базовите променливи величини, участващи при шлифоването, а именно:

- X1 – скорост на абразивната лента V m/s, при нулево ниво $V_0 = 20$ m/s и интервал на вариране $\lambda V = 5$ m/s;
- X2 – подавателна скорост на детайла S m/min, при нулево ниво $S_0 = 5$ m/min и интервал на вариране $\lambda S = 2$ m/min;
- X3 – дълбочина на шлифване t , mm, при нулево ниво $t_0 = 0,05$ mm и интервал на вариране $\lambda t = 0,02$ mm и
- X4 – едрина на абразива на лентата G по FEPA, при нулево ниво $G_0 = 180$ и интервал на вариране $\lambda G = 60$.

Избраните нулеви нива и интервали на вариране са в един среден режим на работа, определен на база априорна информация при ЛШ на образци от стомана 40X – термообработена.

Математическата обработка на опитните резултати извършена с „EXPLAN V.1.0”, съгласно [3], доведе до следните регресионни уравнения:

- в неявен вид:

$$Y(X1, X2, X3, X4) = (45,3 + 2,25X1 - 5,5X2 + 17,84 X3 - 6X4 - 1,375X1X2 + 0,5X1X3 + 1,875X2X3 + 2,125X2X4 - 2,5X3X4 - 0,183X1^2 + 1,57X2^2 + 1,69X4^2) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

- същото уравнение в явен вид, с натурални коефициенти (само значимите):

$$h(V, S, t, G) = (34,1 + 1,4 V - 6,45 S + 955 t - 0,25 G - 0,156 VS + 3,125 Vt + 51,56 St + 0,17 SG - 2,135 tG - 0,007 V^2 + 0,422 S^2) \cdot 10^{-3} \text{ mm} \quad (2)$$

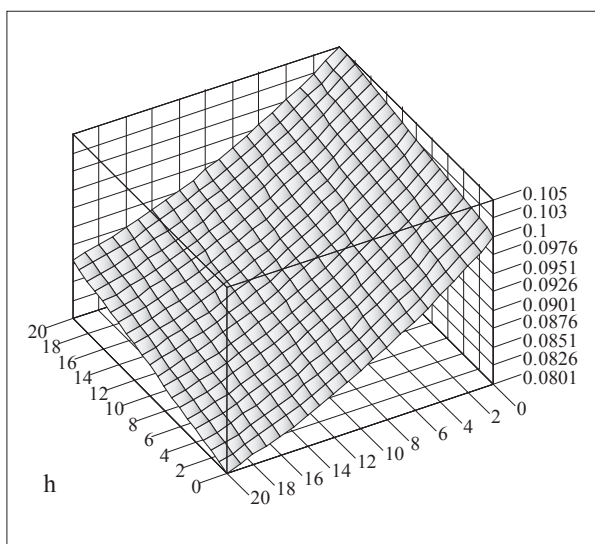
При критерий на Фишер $F = 1,48 < F_{\text{гранично}} = 6,09$ т.е. модела е адекватен.

Ако се спрем на най-производителната по отношение на h , mm абразивна лента със зърненост по FEPA 31GB-1971 от P60-G60, то провеждайки трифакторен експеримент, при същите нива на факторите и на интервалите на вариране, получихме следните уравнения:

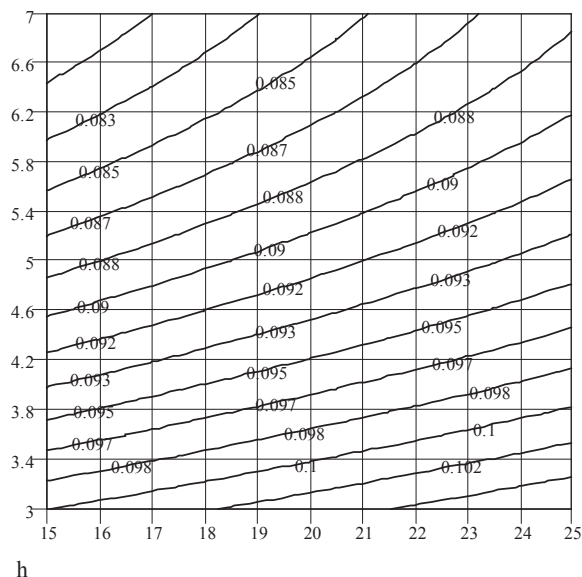
$$Y(X1, X2, X3) = (63,715 + 3,27X1 - 5,96X2 + 27,67X3 + 0,75X1X2 - 0,025X1X3 - 3,3X2X3 - 0,075X1^2 + 2,3X2^2 - 0,37X3^2) \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

При критерий на Фишер $F = 5,475 < F_{\text{гранично}} = 6,09$ – модела е адекватен. Регресионното уравнение с натурални коефициенти има вида:

$$h(V, S, t) = (-6,126 + 0,413V - 6,135S + 1894,39t + 0,075VS - 0,25Vt - 82,5St - 0,003V^2 + 0,578S^2 - 931,06t^2) \cdot 10^{-3}, \text{ mm} \quad (4)$$



Фигура 3



Фигура 4

Повърхнината на отклик е дуполуосен хиперболоид с център.

На фиг. 3 е показана графичната интерпретация и характеристикната равнина в разгънат вид, за $X_3 = -1$ т.е. $S = 0,03$ mm, тогава металоотнемането е най-интензивно и дълбочината на шлифоване достига $h = 0,105$ mm, за условията на експеримент.

Наличието на еластични елементи в технологичната верига води до различия между зададената дълбочина на шлифоване и отнетата прибавка. Тези разлики Δt се движат в рамките на $0,040 - 0,085$ mm или $\Delta t_{cp} = 0,94$ t, mm.

От уравнение (4) и фигури 3 и 4 ясно личи значимото влияние, което има скоростта на абразивната лента V , m/s върху металоотнемането при ЛШ.

Наличието на гумен бандаж върху контактната ролка доведе до един интересен парадокс – с увеличаване скоростта на абразивната лента нараства и дълбочината на снетата прибавка, защото гумения слой се издува от центробежните сили. Това трябва да се отчита, особено при финишните обработки или тези, при които се търси точен размер на детайлите. Това, на пръв поглед, неудобство се превърна в идеална възможност за реализиране на микроподавания по дълбочина. Достатъчно е да се изменя скоростта на лентата V , m/s, за да се получат особено прецизни подавания в дълбочина. За целта е нужно само безстепенно изменение на скоростта на въртене на задвижващата ролка, при обратна връзка за точните в момента обороти. Естествено, индикаторната скала е разграфена в съответните микроподавания. Така бе изпълнено и устройството по авторско свидетелство за изобретение № 43574 [4].

Изводи

1. Интензивността на металоотнемане при ЛШ най-силно се влияе от дълбочината на подаване и от скоростта на абразивната лента.
2. Отрицателно влияние върху производителността има нарастването подавателната скорост на детайла.
3. Увеличаването на деагьра на контактната ролка води до намаляване на снетата прибавка.
4. С нарастване твърдостта на гумирания бандаж върху контактната ролка се увеличава снетата прибавка.
5. Увеличаването скоростта на абразивната лента води до допълнително прецизно подаване по дълбочина, с което могат да се получават особено точни детайли или такива с ниска грапавост на обработената повърхнина.

Литература

1. Стефов, А. С., Лентово шлифване на равнинни повърхнини. Дисертация за получаване на научната степен „доктор”, София, 1988.
2. Таков, Г. Б., Б. Г. Македонски, С. А. Дончев, Й. Т. Петрова, Оптимизация на технологичните възможности на лентовото шлифване, 25 юбилейна научна конференция с международно участие МТФ, 2007, 14-16 септември 2007, Созопол. Сборник доклади ,том III, с. 177-182.
3. Георгиев Д. С., Методика за последователно теоретично-експериментално моделиране на обекти. Годишник на ТУ Варна. Годишна сесия с международно участие 11-13 октомври 2001. Сборник доклади, с. 189-196. ISSN 1311-896X.
4. Македонски Б. Г., А. С. Стефов, Г. Б. Таков, Устройство за прецизно металоотнемане за лентово шлифване и полиране. Авторско свидетелство за изобретение № 43574, МПН: В24В21/14, публикувано на 15.07.1988 г. бюл. № 7.