

()

:

-1

-

%70 %00

(CO₂)

-2

()

%80

()

.2008/2007

: (

. [1]

(impact elasticity)

(Tempering)

surface)

. [1]

(reinforcement

(deposition)

.(concentrated energy) [2-4]

(wear resistance)

[1-5]

ε

(¹)

[1-4,6-8]

[1-3,9]

(-)

(10^{14} w/ m²) ()

: [8]

-1

-2

()

-3

() :

| صفات أساليب التمتين السطحي | التقسية بالتيارات النبضية عالية التردد والتسخين الكهرطيسي عالي التركيز | المعالجة بالفوس الجلامي | المعالجة الليزرية | المعالجة بالتيارات عالية التردد | المعالجة بالأشعة الإلكترونية |
|-----------------------------------|--|---|---|----------------------------------|---|
| شمولية الاستخدام | يمكن معالجة العناصر ذات الأشكال المعقدة | يمكن معالجة العناصر ذات الأشكال المعقدة | يمكن معالجة العناصر ذات الأشكال المعقدة | ضرورة وجود تجهيزات خاصة بكل عنصر | يمكن معالجة العناصر ذات الأشكال المعقدة |
| تهيئة السطح | ليست ضرورية | ليست ضرورية | ليست ضرورية في بعض الأحيان، ولكن في حدود ضيقة | ليست ضرورية | ليست ضرورية |
| المردود % | حتى 65 | < 50 | (5-10) | (20-30) | حتى 85 |
| التبريد | التقسية ذاتية | التقسية ذاتية | التقسية ذاتية | ضرورة وجود مائل للتبريد | التقسية ذاتية |
| الاستطاعة المنوارة، kw | حتى 260 | حتى 100 | حتى 40 | حتى 260 | حتى 100 |
| كثافة الاستطاعة، w/m ² | حتى 10 ⁹ | حتى 10 ⁹ | حتى 10 ¹⁴ | حتى 10 ⁷ | حتى 10 ¹¹ |
| سمائة الطبقة الممتنة، m | حتى 3.10 ⁻³ | حتى 2.10 ⁻³ | حتى 1.10 ⁻³ | - | حتى 3.10 ⁻³ |

-٤

-٥

-٦

1.10^{-3} m

[١٠٠٢٠]

()

:

| نوع التمتين | عمق منطقة التأثير الحراري h,mm | سرعة التبريد C°/s | كثافة الاستطاعة W/cm ² |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| معدون انتقال طوري | 0,02...0,5 | $10^4...10^5$ | $10^3...10^4$ |
| وجود الانتقال الطوري | 0,2...0,3 | $10^4...10^6$ | $10^4...10^5$ |
| الإشابة الليزرية | 0,2...2 | $10^4...10^6$ | $10^4...10^6$ |
| التغطية الليزرية | 0,02...1 الطبقة | $10^4...10^6$ | $10^4...10^6$ |
| غير المتبلور للسطح | 0,01...0,10 | $10^6...10^{10}$ | $10^6...10^{10}$ |
| الصدمي | 0,02...0,2 | $10^4...10^6$ | $10^9...10^{12}$ |

. [19]

(pulse repetition

frequency)

:

(

(austenization)

$\gamma - Fe$

$\alpha - Fe$

. [19]

10⁴
5 · 10³ ... 10⁴
(≈ 10⁴ w/cm²)

(≈ 1 cm)

CO₂

(1-10 cm/s)

10,6 μm)

:[9]

-1

-2



-۳

-4

-5

-6

-7

-8

()

.(1kw)

‘(pulsed-periodic) –

CO₂

.CO₂

(multimode regime)

(10,6 μm)

CO₂

(infrared)

.[13]

1,5...3

)

()

(

(0,3%)

(2)

.(C)

(HRC)

.[14]

.(2

)

(

)

(

)



[15]

: (

()

16- 7-10) (350 km)

8 . 300 (19

() 8

/ 60-70

) / 30-40

(

0,7- . / 25-30

() 0,8m

) $\approx 4cm$

.(

()

:

0,52-0,60 (I)

0,54-0,65 (II)

0,62-0,70 (III)

II,I

3-4

)

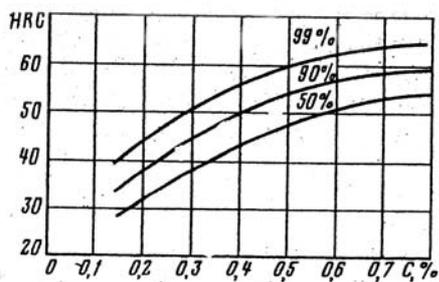
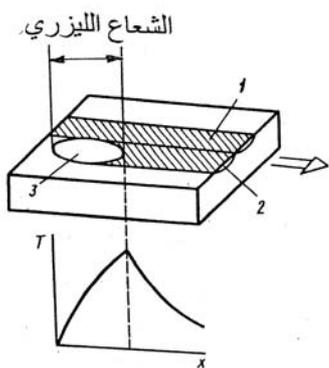
(7-8)

()

)

(

()



) C

HRC

-2

50 % 90%,99%

.(

(

-A

[16]

[17]

critical (")
" E_r energy
()

U_p E_r

" (oscillogram)
(Pumping Voltage) "16

τ_i

"16 " Z H
U_p

 τ_i E_r

:

 τ_i

$$H = f(\tau_i), Z = f(\tau_i), E_r = f(U_p), \tau_i = f(U_p)$$

(3)

III,II,I

)

(inductuance)

(4,3,2,1

.16c

"

$$H = f(\tau_i)$$

 τ_i

$$E_r = f(U_p), \tau_i = f(U_p)$$

.(E_rU_p

)

(impulse-Laser

:

-B

excitation)

.1mm

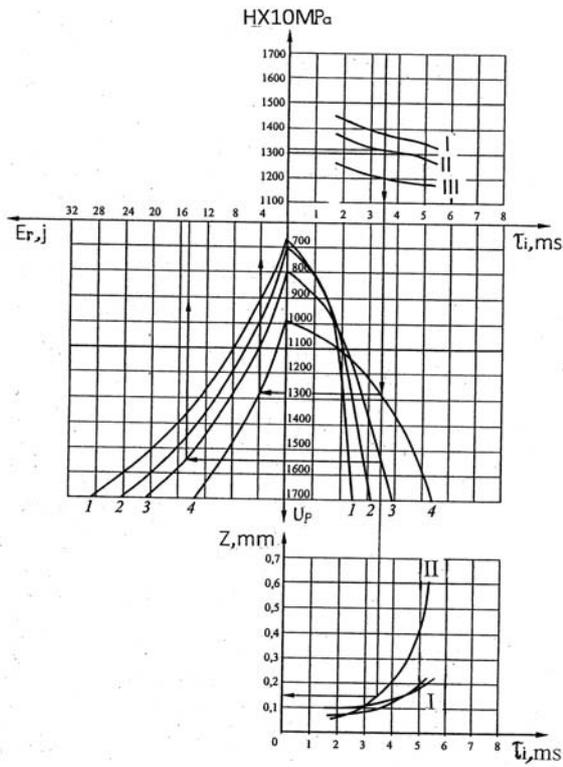
/ 10^6

()

)

(

.[10]



(Segment of a sphere)

(7-11mm)

.(45mm)

()

.120°
(4a)

τ_i)

(

0,8-1mm
)

.(

:

-1

.(3)

(3)

)

(≈50%)

(

-2

(1,75mm

)

)

(....

....

)

(

k_1

)

k_2

.(

)

k_1/k_2

(ε)

(

)

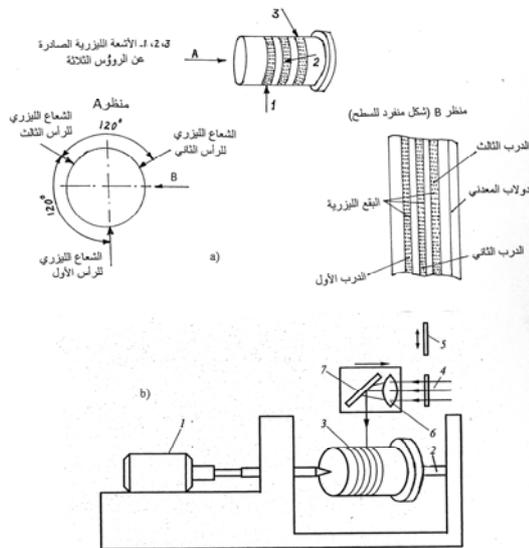
(')

"16c "

1,75

| عمق الطبقة الممتنة، μm | القساوة الميكروية للسطح، MPa | | طاقة النبضة، j | الرقم الترتيبي لنقطة القياس |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|
| | قبل التمتين | بعد التمتين | | |
| 0,65 | 5950 | 8960 | 71 | 1 |
| 0,68 | 5905 | 8920 | 71 | 2 |
| 0,67 | 5918 | 8938 | 71 | 3 |
| 0,66 | 5930 | 8950 | 71 | 4 |

| رقم عملية القياس (عدد الأسابيع) | سطح ممتن، k_2 | سطح غير ممتن، k_1 | مقدار ازدياد مقاومة السطح للاهتراء، مرّة. k_1/k_2 |
|------------------------------------|-----------------|---------------------|--|
| 1 | 0,00155 | 0,00280 | 1,81 |
| 2 | 0,0015 | 0,00270 | 1,80 |
| 3 | 0,00158 | 0,00278 | 1,76 |
| 4 | 0,00152 | 0,00284 | 1,87 |
| | | | |
| | | | |
| 10 | 0,00159 | 0,00276 | 1,74 |
| 11 | 0,00157 | 0,00275 | 1,75 |
| 12 | 0,00154 | 0,00279 | 1,78 |
| 13 | 0,00150 | 0,00278 | 1,85 |



-b

-a

()

-7

(

:

CO₂

[17]

[19]

-1

)

:

.(

T_o

[19,21,22]

(

)

$$P_{o \max} = 4\pi\lambda r T_f \sqrt{1 + vr/8a} \quad (1)$$

$$P_{o \min} = 4\pi\lambda r T_n \sqrt{1 + vr/8a} \quad (2)$$

$$P_o \quad (3)$$

$$P_{o \min} < P_o \leq P_{o \max}$$

$$P_o$$

$$\left[\left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_f} \right)^2 - 1 \right] \frac{8a}{r} \leq V < \left[\left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_n} \right)^2 - 1 \right] \frac{8a}{r} \quad (4)$$

$$\left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_f} \right)^2 - 1 \leq \frac{Vr}{8a} < \left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_n} \right)^2 - 1$$

$$\left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_f} \right)^2 - 1 \leq \frac{Vr}{8a} < \left(\frac{P_o}{4\pi\lambda r T_n} \right)^2 - 1$$

$$[18] \quad V \quad (P_o)$$

()

-2

)

(

: (5)

$$.[19] W_E = qt = qd_o / V$$

-h) $H_\mu = f(W_E), h = f(W_E)$

(- H_μ

(, $h H_\mu$)

q do p

.t q, W_E

v do

: ($P = 800w, H_\mu = 950 MPa, h = 580 \mu m$)

$d_0 = 5\text{mm}$

$q = 4 \cdot 10^3 \text{w/cm}^2$

W_E

$2 \cdot 10^3 \text{j/cm}^2$

$q = 4 \cdot 10^3 \text{w/cm}^2$

0,5

t

t=0,5S

)

t=0,5S

$(W_E \cdot q)$

V=0,8m/min

$d_0 = 5\text{mm}$

(

)

)

-r

(2,1

()

p

v

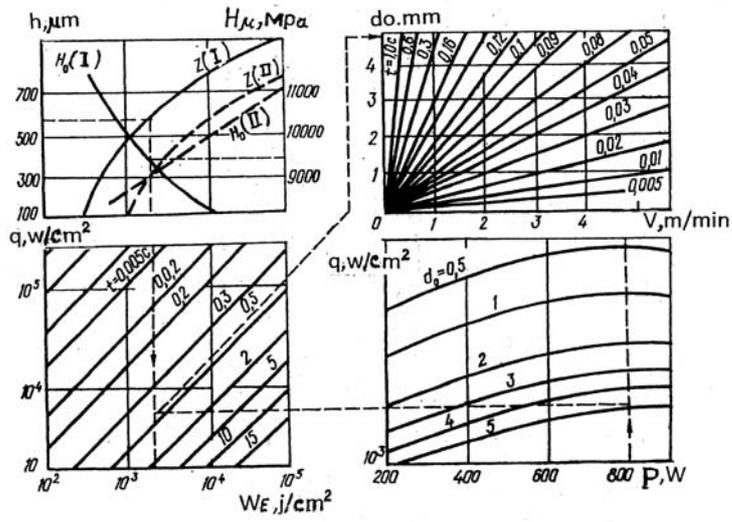
HV

z

I

) (8,7,6)

(



(6)

(7)

(7)

.(8)

-4

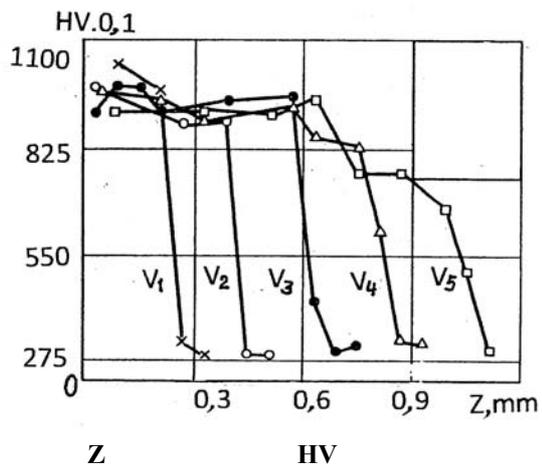
(4-b)
(1,85-1,9)

12-

2-3,2 kw

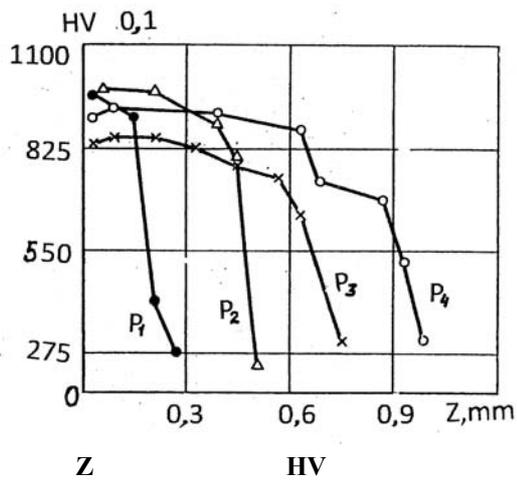
.16mm/s

CO₂



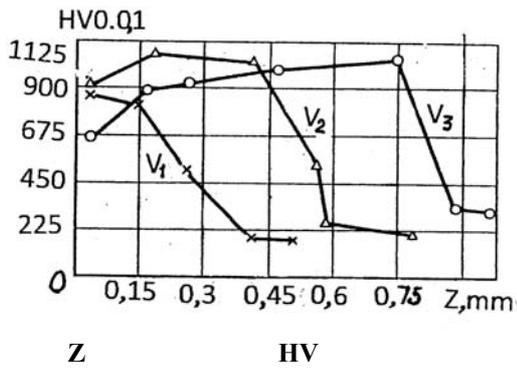
-6

$V_1 = 15\text{mm/s}$, $V_2 = 13\text{mm/s}$, $V_3 = 11\text{mm/s}$,
 $V_4 = 9\text{mm/s}$, $V_5 = 7\text{mm/s}$



-7

$P_1 = 2\text{kw}$, $P_2 = 2,45\text{kw}$, $P_3 = 2,9\text{kw}$, $P_4 = 2,3\text{kw}$,



- 8

2,9kw

$V_1 = 16\text{mm/s}$, $V_2 = 12\text{mm/s}$, $V_3 = 9\text{mm/s}$



) (

:

1,75 -1

1,85 -2

CO₂ CO₂

-
1. Поляк М.С. Технология упрочнения .М.:Машиностроение ,1995
 2. Солоненко О.П., Алхимов А.П., Марусин В.В., и др. Высокоэнергетические процессы обработки материалов. Новосибирск: Наука, 2000.
 3. Спиридонов Н.В., Кобяков О.С., Куприянов И.Л. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. Минск :Высшая школа, 1998.
 4. Месяц, Г.А. Импульсные сильноточные электронно-лучевые устройства и их применение в технологии //Тр. Междунар. Конф. По электронно-лучевым технологиям .София :Изд-во Бан ,1996.
 5. Бровер Г.И., Варавка В.Н., Русин А.П. Особенности строения и свойств сталей после высоконцентрированного нагрева и отпуска методом ВКИН. // Физика и химия обработки материалов.1988. №5.
 6. Прогрессивные методы обработки. Вып. 670. М:МЭИ, 1993.
 7. Рыкалин Н.Н. и др. Высокотемпературные технологические процессы. М. :Наука, 1996.
 8. Рыкалин Н.Н. и др. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. М.: Наука, 1995.
-
10. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Тарлыков В.А. Основы лазерной техники. Л.: Машиностроение, 2003.
 11. Терегулов Н.Г., Соколов Б.К., Варбанов Г., Малышев Б.С., Неганов М.И., Ерофеев Е.Ю. Лазерные технологии на машиностроительном заводе. Уфа: Академия наук РБ. Отделение физико-математических наук, 2003.
 12. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Зуев И.В., Кокора А.Н., Кокора А.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник. М.: Машиностроение. 1995.
 13. Безъязычный В.Ф., Леонов Б.Н., Лобанов А.В., Полетаев В.А. Лазерная технология обработки конструкционных и инструментальных материалов: Учебное пособие / РГАТА. Рыбинск, 2000.

-
14. Елисеев Ю.С., Бойцов А.Г., Крылов В.В., Хворостухин Л.А. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 2003.
 15. Рогов В.А. Основы высоких технологий, вузовская книга. Москва, 2007.
 16. Смирнов А.Л. Промышленное применение лазеров, Машиностроение, Москва, 1998.
 17. Латыпов Р.Р. Технология лазерной обработки конструкционных и инструментальных материалов в авиадвигателестроении, Машиностроение, Москва, 2007.
 18. Дьюли, Лазерная технология и анализ материалов, Машиностроение, Москва, 1999.
 19. Коваленко В.С. Справочник по технологии лазерной обработки, Техника, Москва, 2003.
 21. Шукин В.Г. Высокоэнергетическая индукционная обработка стальных деталей, проблема машиностроения и надёжности машин, №1, 2007, Москва.
 22. Летохов В.С., Устинов. Мощные лазеры и их применение. М. 1998.