

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU HỢP KIM KHÓ GIA CÔNG

Hợp kim khó gia công được phân loại dựa theo nhiều đặc điểm khác nhau : theo nhiệt độ nóng chảy, theo độ cứng, theo cơ tính của vật liệu,... Sau đây chúng ta sẽ xét một số kim loại và hợp kim :

1.1 KIM LOẠI KHÓ CHẢY

Vật liệu khó nóng chảy là các loại kim loại có nhiệt độ nóng chảy $T > 1539\text{ }^{\circ}\text{C}$ hoặc các kim loại kết hợp với các nguyên tố hợp kim khác.

| | | | |
|---------|--------------|--------------|--------------|
| Ví dụ : | Ti = 1672 °C | Zr = 1855 °C | Cr = 1875 °C |
| | V = 1900 °C | Hf = 1975 °C | Nb = 2415 °C |
| | Mo = 2610 °C | Ta = 2996 °C | Tc = 2700 °C |
| | Re = 3180 °C | W = 3410 °C | |

1.2 THÉP HỢP KIM

Thép hợp kim được chia ra theo nhiều dấu hiệu khác nhau:

1. Thép chịu ăn mòn trong các môi trường khác nhau.
2. Thép bền nhiệt .
3. Thép chịu nhiệt.
4. Thép có độ bền cao.
5. Hợp kim bột kim loại.
6. Hợp kim cứng .
 - Hợp kim do biến cứng
 - Hợp kim được chế tạo với những thành phần các chất khác nhau.

1.3 CÁC HỢP KIM ĐẶC BIỆT KHÁC

1. Thép đặc biệt có nhiệt độ làm việc đến 700 °C.
2. Hợp kim bền nhiệt trên nền Niken (Nhiệt độ làm việc đến 1100 °C)
3. Hợp kim nền Mo và Nb có nhiệt độ làm việc đến 1500 °C.
4. Hợp kim nền vonfram (W) có nhiệt độ làm việc đến 2000 °C.
5. Thép hợp kim chịu ăn mòn . Trong thực tế có 3 nhóm chính sau đây :
Nhóm I - Thép chịu ăn mòn hợp kim thấp có độ bền cao

Bảng 1.1

| Tên nguyên tố | C | Cr | Ni | Mn | Mo | W | V | Si |
|---------------------|------------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Thành phần % | 0,25 - 0,45 | <= 5 | <= 2,5 | <= 1,5 | <= 1,5 | <= 1,5 | <= 1 | <= 1 |
| Giới hạn bền | 160 - 220 KG/mm² | | | | | | | |

Nhóm II : thép chịu ăn mòn có độ bền cao

Bảng 1.2

| Tên nguyên tố | C | Cr | Ni | Mn | Mo | W | V | Si |
|---------------|---|----|----|----|----|---|---|----|
|---------------|---|----|----|----|----|---|---|----|

| | | | | | | | | |
|--------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Thành phần % | 0,25 - 0,45 | <= 12 | <= 2,5 | <= 1,5 | <= 1,5 | <= 1,5 | <= 1 | <= 1 |
| Giới hạn bền | <= 180 , sau nhiệt luyện có thể đạt 260 - 300 KG/mm ² | | | | | | | |

Nhóm III : Thép hợp kim martensit - hoá già

Bảng 1.3

| | | | | | | | | |
|---------------|---|----|---------|----------|---------|----------|--|--|
| Tên nguyên tố | C | Cr | Ni | Co | Mo | Ti | | |
| Thành phần % | 0,25 - 0,45 | | 17 - 19 | <= 7 - 9 | <= 4- 6 | <= 0,5-1 | | |
| Giới hạn bền | (<= 190 - 210), thêm 12-16 % Co, 8-10% Mo, 12-13%Ni thì độ bền có thể đạt 280 KG/mm ² , HRC 62, δ=8% | | | | | | | |

1.4 HỢP KIM CÓ TỶ BỀN CAO (σ_B/γ)

Hợp kim có tỷ bền cao : Nhôm, ti tan

γ - khối lượng riêng của vật liệu g/cm³.

σ_B - Giới hạn bền của vật liệu KG/mm².

Ví dụ : Hợp kim titan $\sigma_B > 160$ KG/mm². $\gamma = 4,51$ Tỷ bền $K = 34,5$

Đặc biệt hợp kim ti tan còn có tính chịu ăn mòn trong các loại môi trường cao nên được ứng dụng rất rộng rãi.

Hợp kim nhôm AlMg6 $\sigma_B = 39$ KG/mm².

$\gamma = 2,7$

Hệ số tỷ bền là $K = 14,4$

Chúng ta có thể so sánh với thép thông thường :

Thép CT38 $\sigma_B = 38$ KG/mm².

$\gamma = 7,87$ g/cm³.

Hệ số tỷ bền là $K = 4,8$

1.5 TÍNH CHẤT CỦA MỘT SỐ KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT KHÓ CHẢY VÀ KHÓ GIA CÔNG

Bảng các tính chất của các kim loại khó nóng chảy và các nguyên tố hợp kim

Bảng 1-4

| Đặc tính | Đơn vị tính | Be | V | W | Hf | Co | Si | Mn | Mo | Ni |
|------------------------|--------------------|-------|-------|---------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Khối lượng riêng | G/cm ³ | 1,84 | 6,11 | 19,3 | 13,31 | 8,92 | 2,33 | 7,4 | 10,2 | 8,91 |
| Nhiệt độ nóng chảy | °C | 1283 | 1900 | 3410 | 2222 | 1495 | 1412 | 1245 | 2625 | 1425 |
| Nhiệt độ bay hơi | °C | 2450 | 3400 | 5930 | 5400 | 3100 | 2600 | 2150 | 4800 | 3080 |
| Hệ số giãn nở vì nhiệt | x 10. | 11,6 | 10,6 | 4,0 | 5,9 | 12,08 | 6,95 | 23 | 5,49 | 13,3 |
| Giới hạn bền | KG/mm ² | 40-60 | 22-48 | 100-120 | 40-45 | 50 | 70 | | 70 | 28-30 |
| Độ giải dài tương đối | % | 0,2-2 | 17 | 0 | 30 | 5 | 0 | | 30 | 40 |
| Độ cứng Brinel | HB | 60-85 | 70 | 350 | 120 | 125 | 240 | | 125 | 65-70 |
| | | | | | | | | | | |

Bảng 1-5

| Đặc tính | Đơn vị tính | Nb | Re | Ta | Ti | Cr | Zr | Ghi chú |
|------------------------|--------------------|-------|------|--------|---------|-------|-------|---------|
| Khối lượng riêng | G/cm ³ | 8,57 | 21 | 16,6 | 4,51 | 7,19 | 6,45 | |
| Nhiệt độ nóng chảy | °C | 2500 | 3180 | 2996 | 1668 | 1910 | 1860 | |
| Nhiệt độ bay hơi | °C | 5127 | 5900 | 5300 | 3277 | 2469 | 3700 | |
| Hệ số giãn nở vì nhiệt | x 10. | 7,1 | 6,8 | 6,6 | 8,3 | 6,7 | 6,3 | |
| Giới hạn bền | KG/mm ² | 30-45 | 50 | 45-55 | 40-45 | 30-35 | 25 | |
| Độ giãn dài tương đối | % | 20 | 24 | 25-35 | 30-40 | 15 | 15-30 | |
| Độ cứng Brinel | HB | 75 | 250 | 45-125 | 130-150 | 100 | 65 | |
| | | | | | | | | |

Tính chất của một số các bit, Borit, Silixit, Nitrit

Bảng 1-6

| Các bit | Thành phần | Ti | Zr | Hf | V | Nb | Ta | Cr | Mo | W |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Các bon | C % | 20,05 | 11,64 | 6,31 | 19,08 | 11,45 | 6,22 | 13,34 | 5,89 | 6,13 |
| Khối lượng riêng | G/cm ³ | 4,94 | 6,60 | 12,65 | 5,50 | 7,82 | 14,50 | 6,74 | 9,06 | 17,13 |
| T _{nc} | °C | 3150 | 3420 | 3700 | 2850 | 3600 | 3880 | 1895 | 2410 | 2790 |
| Hệ số truyền dẫn nhiệt | Cal/(cm.s.°C) | 0,069 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 0,053 | 0,046 | 0,076 | 0,072 |
| Hệ số giãn nở nhiệt x 10(-6) | | 8,50 | 6,95 | 6,06 | 7,20 | 6,50 | 8,29 | 11,70 | 7,80 | 3,84 |
| Độ cứng HRA | HRA | 93,00 | 87 | 84 | 91 | 83 | 82 | 81 | 74 | 81 |

Bảng 1-7

| Borits (+ B) | Thành phần | Ti | Zr | Hf | V | Nb | Ta | Cr |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bo | B % | 31,20 | 19,17 | 10,81 | 29,81 | 18,89 | 10,68 | 29,38 |
| Khối lượng riêng | G/cm ³ | 4,52 | 6,09 | 11,20 | 5,10 | 7,00 | 12,62 | 5,60 |
| T _{nc} | °C | 2980 | 3040 | 3250 | 2400 | 3000 | 3100 | 2200 |
| Hệ số truyền dẫn nhiệt | cal/(cm.s.°C) | 0,144 | 0,058 | - | 0,137 | 0,040 | 0,026 | 0,053 |
| Hệ số giãn nở nhiệt x 10e(-6) | | 8,10 | 6,88 | 5,73 | 7,5 | 8,10 | 5,12 | 11,10 |
| Độ cứng HRA | HRA | 86 | 84 | | 83 | | | 84 |

Bảng 1-8

| Nitrit (+ N ₂) | Thành phần | Ti | Zr | Hf | V | Nb | Ta | Cr |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Ni tơ | N % | 22,63 | 13,31 | 7,28 | 21,56 | 13,10 | 7,19 | |
| Khối lượng riêng | g/cm ³ | 5,44 | 7,35 | 13,84 | 6,10 | 8,41 | 15,86 | |
| T _{nc} | °C | 2950 | 2980 | 2980 | 2050 | 2050 | 2890 | |
| Hệ truyền dẫn nhiệt | cal/(cm.s.°C) | 0,046 | 0,049 | | 0,027 | 0,009 | 0,021 | |
| Hệ số giãn nở nhiệt x 10e(-6) | | 9,35 | 7,24 | 6,9 | 8,10 | 10,10 | 3,60 | |
| Độ cứng HRA | HRA | | | | | | | |

Bảng 1-9

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Si líc | Si % | 53,98 | 38,11 | 23,93 | 52,44 | 37,68 | 23,69 | 51,93 |
| Khối lượng riêng | g/cm ³ | 4,13 | 4,86 | 8,03 | 4,66 | 5,66 | 9,10 | 5,00 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| T _{nc} | °C | 1540 | 1750 | 1660 | 2160 | 2200 | 1500 | 2030 |
| Hệ số truyền nhiệt | cal/(cm.s.°C) | 0,111 | 0,037 | | 0,383 | 0,397 | 0,052 | 0,025 |
| Hệ số giãn nở nhiệt x 10e(-6) | | 8,8 | 8,6 | | 11,2 | 11,7 | 8,8 | 10,0 |
| Độ cứng HRA | HRA | 81 | | | | | | |

1.6 VẬT LIỆU BỘT

Vật liệu kim loại hợp kim có thể được chế tạo từ bột kim loại bằng phương pháp nấu chảy thông thường hoặc kết hợp ép bột kim loại với thành phần các nguyên tố khác : C, Al₂O₃, Các bít, borit, ... để nhận được hợp kim cứng hay kim loại gốm.

Bảng 1.10 [2]

| Loại vật liệu | Các cấu tử chính |
|---|---|
| Vật liệu kết cấu | Fe, Fe-Cu, Fe-P, Fe - C Fe-Ni-Cu, Fe-Cu-C Fe-Ni-Cu-Mo-C Thép không gỉ, Brông (Cu+Sn), Latông (Cu +Zn),... Ti Au-Cu |
| Kim loại và hợp kim có cấu trúc xít chặt <ul style="list-style-type: none"> • Kim loại chịu nhiệt • Kim loại dùng trong kỹ thuật hạt nhân • Siêu hợp kim • Thép hợp kim | W, Mo, Ta, Nb, Re Be, Zr Các hợp kim trên cơ sở Ni, Co Thép dụng cụ, thép gió |
| Vật liệu có độ xốp cao <ul style="list-style-type: none"> • Bạc xốp tự bôi trơn • Tấm lọc | Brông (Cu+Sn+Al,Pb,) thép không gỉ, Cu-Al Ni-Cr, monel, Ti, Zr, Ag, Ta, Thép không gỉ |
| Vật liệu liên kim loại | Ni - Al MoSi ₂ Ti-Al Co - Mo- Si |

Hợp kim cứng được chế tạo bằng phương pháp ép và thiêu kết với áp lực và nhiệt độ thích hợp.

Hợp kim cứng có hai loại : đặc và xốp (có lỗ rỗng). Chúng thường được ứng dụng để chế tạo dụng cụ cắt gọt, vật liệu phủ dày, vỡ bọc, ... Nhiệt độ làm việc có thể đạt 1000 - 2000 °C

Hợp kim cứng có nhiều loại : (trang 19 - 20)

- Hợp kim cứng vonfram (WC)
- Hợp kim cứng W - Ti
- Hợp kim cứng Ti-Ta-W

Bảng 1.7 [2] [9]

| Mác hợp kim Ký hiệu theo LX và theo TCVN | Thành phần % | | | | σ (KG/m ²) | γ (g/cm ³) | HRA >= |
|--|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------|
| | Các bit W | Các bit tanta n | Cácbit Titan | Co Coban | | | |
| Nhóm WC | | | | | | | |
| BK3M (WCCo3) | 97 | | | 3 | 110 | 15-15,3 | 91,0 |
| BK4 (WCCo4) | 96 | | | 4 | 130 | 14,9-15,1 | 89,5 |
| BK60M | 91, 9 | | | 6 | 120 | >=14,75 | 91,5 |
| BK6M (WCCo6) | 94 | | | 6 | 130 | 14,8-15,1 | 90 |
| BK8 (WCCo8) | 92 | | | 8 | 140 | 14,4-15,8 | 87,5 |
| BK100M | 90 | | | 10 | 140 | >=14,3 | - |
| BL10M (WCCo10) | 90 | | | 10 | 140 | >=14,3 | 88,5 |
| BK15M (WCCo15) | 85 | | | 15 | 155 | >=13,8 | 87,0 |
| BK150M (WCCo15) | 82, 9 | | | 15 | 150 | >=13,8 | - |
| BK25 (WCCo25) | 75 | | | 25 | 220 | 12,9-13,2 | 82 |

| | | | | | | | |
|------------------------|----|----|----|----|-----|-----------|------|
| Nhóm Ti-WC | | | | | | | |
| T15K6 (WCTi15Co6) | 79 | | 15 | 6 | 110 | 11-11,7 | 90 |
| T5K10 (WCTiCo10) | 85 | | 6 | 9 | 130 | 12,3-13,2 | 88,5 |
| Nhóm Ti-Ta-WC | | | | | | | |
| TT7K12 (WCTTC7Co12) | 81 | 3 | 4 | 12 | 170 | 13-13,3 | 87 |
| TT10K8 (WCTTC10Co8) | 82 | 7 | 3 | 8 | 140 | 13,5-13,8 | 89 |
| TT20K9 (WCTTC20Co9) | 71 | 12 | 8 | 9 | 150 | 12-13 | 89 |

Chú ý : Vật liệu ký hiệu theo TCVN được đặt trong dấu ngoặc đơn.

1.7 NHÓM VẬT LIỆU CÁC BÓN - NITRIT - TITAN

| | | |
|------------------|-----------|----------------------|
| Khối lượng riêng | 5,6 - 6,2 | g/cm ³ |
| HRC | 88 - 93 | HRC |
| Giới hạn bền uốn | 120 - 180 | KG/mm ² . |

1.8 NHÓM VẬT LIỆU CÁC BÍT - CRÔM + HỢP KIM CỨNG (page 208)

| | | |
|------------------|-----------|----------------------|
| Khối lượng riêng | 6,6 - 7,0 | g/cm ³ |
| HRC | 80 - 90 | HRC |
| Giới hạn bền uốn | 40 - 70 | KG/mm ² . |

1.9 NHÓM VẬT LIỆU KHÔNG CÓ VÔNFRAM

Gồm có các thành phần các chất như sau :

| | TiC% | TiN% | 4Ni1Mo | Khối lượng riêng | HRA | Giới hạn bền uốn |
|---------|------|------|--------|-------------------------|-----|--------------------------|
| THM-20 | 79% | - | 21% | 5,5 g/cm ³ . | 91 | 115 KG/mm ² . |
| THM-25 | 74 | | 26 | 5,7 | 90 | 130 |
| THM30 | 70 | | 30 | 5,9 | 89 | 140 |
| KTHM30A | 26 | 42 | 32 | 5,8 | 88 | 150 |

1.10 VẬT LIỆU BỘT MÀI VÀ DỤNG CỤ CẮT

Bảng 1.8

| Loại vật liệu | Độ cứng Knoop | Giới hạn bền Mpa = N/mm ² | T _{nc} °C | HRA |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------|---------|
| Kim cương | 8000 | 7000 | 3500 | |
| Nitrit Bo (BN) | 5000 | 7000 | 1540 | |
| TiC | 3100 | 2800 | 3100 | 93 |
| SiC | 3000 | 1000 | 2400 | |
| WC | 2700 | 5000 | 2780 | 82 - 90 |
| Al ₂ O ₃ | 2100 | 3000 | 2050 | |
| SiO ₂ | 1000 | 1200 | | |
| Thép đã tôi (để so sánh) | 800 | 1200 | | |

1.11 VẬT LIỆU SIÊU CỨNG. [2]

Bảng 1.9

| Vật liệu | KL riêng g/cm ³ | Độ cứng HV | Giới hạn bền MPa | Nhiệt độ giới hạn của độ bền |
|---------------------|----------------------------|--------------|------------------|------------------------------|
| Kim cương tự nhiên | 3,01-3,56 | 10.000 | 1900-2100 | 600-850 |
| Kim cương nhân tạo | | | | |
| • Loại đơn tinh thể | 3,48-3,54 | 8.600-10.000 | 2000 | 850 |
| • Loại đa tinh thể | 3,30-4,00 | 8.000-10.000 | 200-800 | 700 |
| Nitri Bo (BN) | | | | |
| • Loại đơn tinh thể | 3,44-3,49 | 9.000-9500 | 500 | 1200 |
| • Loại đa tinh thể | 3,30-3,40 | 7.000-8.000 | 2000-3000 | 1400 |

Vật liệu kim cương tuy có độ cứng cao nhưng bị giới hạn bởi độ bền nhiệt (Có nhiệt độ giới hạn của độ bền thấp)

Vật liệu nitrit bo (BN) có độ cứng cao và có tính bền nhiệt cao nên thích hợp với gia công cơ (khoan tiện, phay, ...

Chú ý :

Càng tăng độ bền và độ cứng vật liệu thì vận tốc cắt giảm đi . Tốc độ cắt gọt tỷ lệ nghịch với bình phương giới hạn bền của vật liệu.

Khó khăn chủ yếu khi gia công là do :

- Lực cắt yêu cầu phải lớn; đối với thép bền nhiệt tăng 1,5 lần; đối với hợp kim bền nhiệt tăng 2 - 2,5 lần so với khi gia công thép C45.
- Các hợp kim này có tính dẫn nhiệt kém nên nhiệt độ sinh ra tại vùng cắt rất cao
- Khi gia công cắt các loại thép có độ bền nhiệt vận tốc cắt giảm 10 - 20 lần so với khi gia công thép C45 (Ký hiệu theo Nga 45).
- Giá thành bột kim loại thường đắt hơn 1,5 - 3,5 lần so với kim loại cơ bản. Nhưng với kim loại chế tạo bột ngay từ đầu thì thường có giá thành rẻ hơn. Tuy giá đắt hơn nhưng nó được bù lại do có hệ số sử dụng cao với những tính chất đặc biệt.
- Theo các chuyên gia kinh tế để đánh giá hiệu quả của vật liệu gốm người ta thấy : Cứ cho 1000 tấn sản phẩm thì tiết kiệm được 1500 - 2000 tấn kim loại, vì lẽ đó mà nó giảm bớt được 50 đơn vị máy gia công, cùng lúc làm giảm 120.000 giờ gia công và năng suất nói chung tăng lên 1,5 lần.

CHƯƠNG 2 : GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐẶC BIỆT

2.1 GIỚI THIỆU

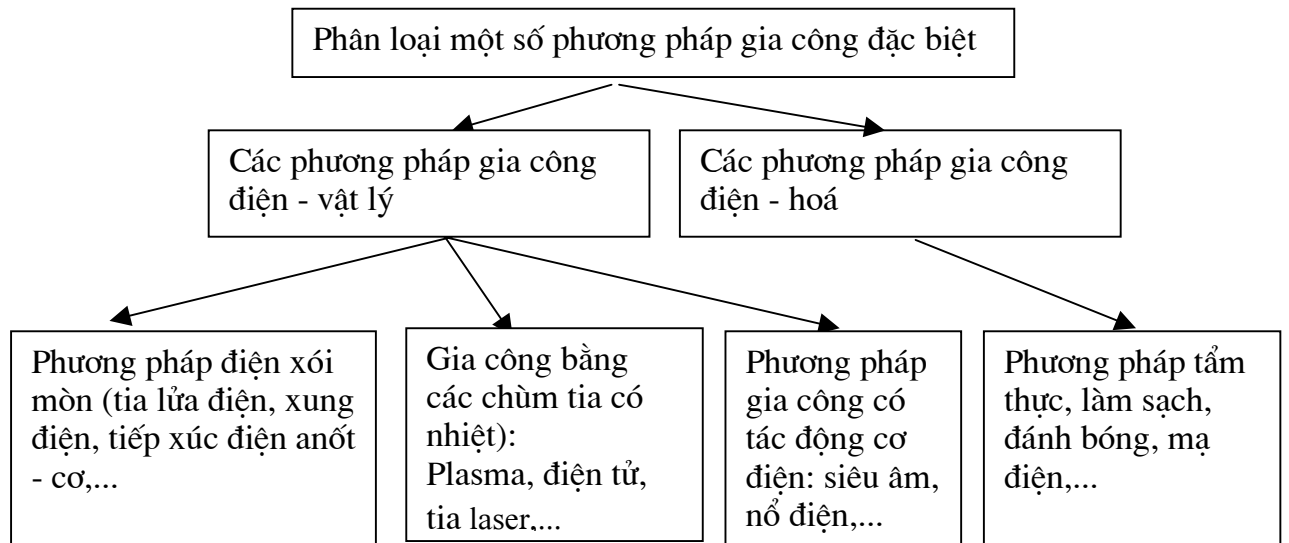
Trong việc hoàn chỉnh các kết cấu máy, nâng cao khả năng gia công các kết cấu chi tiết máy, người ta đang ứng dụng các công nghệ mới và các phương pháp gia công mới, sử dụng có hiệu quả các loại vật liệu mới, ... nhằm nhận được các tính chất đặc biệt mà bằng các phương pháp gia công thông thường khó thực hiện hoặc không thể thực hiện được. Trong lĩnh vực cắt và gọt vật liệu có nhiều phương pháp : gia công bằng điện, điện - vật lý, điện - hoá, gia công bằng nguồn năng lượng tập trung,... Các phương pháp này được sử dụng khá rộng rãi để gia công kim loại. Các phương pháp này cho phép sau khi gia công nhận được cơ tính cao và không yêu cầu lực cắt gọt lớn hoặc cho phép không sử dụng dụng cụ cắt gọt với các yêu cầu đặc biệt về độ cứng, độ chịu mài mòn. Các phương pháp này cũng đảm bảo độ chính xác, độ bóng bề mặt nhất định và cho phép nâng cao năng suất lao động [6], [8].

2.2 PHÂN LOẠI MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐẶC BIỆT

Các phương pháp gia công đặc biệt có thể kể đến các phương pháp gia công điện vật lý và điện hoá.

Các phương pháp này được phân loại thành các nhóm như sau:

1. Theo phương pháp sinh ra dạng năng lượng (Popilov L.IA) : Phương pháp điện hoá, Phương pháp điện - Hoá - Cơ (phương pháp anốt - cơ), phương pháp điện vật lý,...
2. Theo cơ chế tác dụng : Phương pháp xói mòn điện (mài mòn điện), Phương pháp điện - thuỷ lực, phương pháp nổ - điện, phương pháp từ trường, phương pháp siêu âm,...
3. Gia công bằng các nguồn nhiệt: Phương pháp dùng tia điện tử, Phương pháp dùng plasma, Phương pháp dùng chùm tia laser, ...



Hình 2-1 Sơ đồ phân loại một số phương pháp gia công đặc biệt

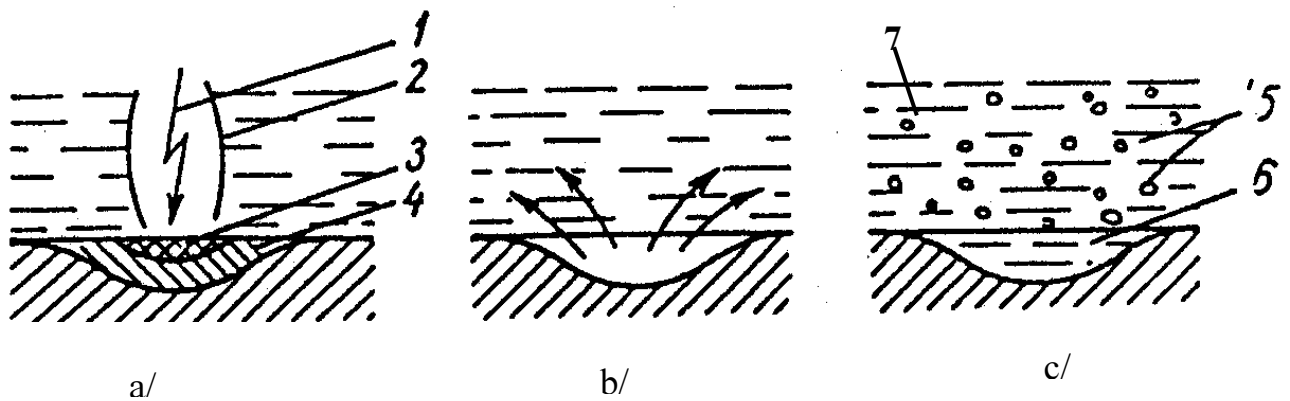
2.3- Đặc điểm của các phương pháp gia công đặc biệt :

- Trong quá trình gia công, tốc độ, chất lượng gia công hầu như không phụ vào tính chất cơ lý của vật liệu..
- Có thể gia công hầu hết các loại vật liệu với bất kỳ cơ tính nào mà không cần có lực lớn tác dụng, có thể gia công kim loại, hợp kim cứng và kim cương, kính, ...
- Không yêu cầu các dụng cụ có độ cứng cao hơn độ cứng vật liệu gia công (ví dụ khi gia công bằng siêu âm hoặc bằng các chùm tia laser, tia điện tử,...
- Giảm tiêu hao vật liệu vì chiều rộng rãnh cắt nhỏ, mức độ chính xác cao,...
- Có thể gia công những chi tiết phức tạp và có độ chính xác, độ bóng cao (lỗ khuôn kéo có đường kính nhỏ, gia công lỗ nhỏ và sâu, cắt hình, có thể gia công chép hình,...
- Có thể gia công cục bộ (tại những điểm nhỏ) trên bề mặt chi tiết lớn, giảm bớt các bước gia công trung gian (khâu chuyển tiếp) hoặc phải yêu cầu sử dụng đồ gá đặc biệt để gia công vật liệu cứng, dòn, đánh bóng hợp kim cứng,...
- Có thể cơ khí hoá và tự động hoá.
- Có năng suất và hiệu quả kinh tế cao và giảm phế phẩm.

Trong giáo trình này sẽ giới thiệu một số phương pháp gia công đặc biệt thuộc các nhóm đã nêu ở trên.

2.4 Các phương pháp điện xói mòn :

Đây là các phương pháp gia công điện tiếp xúc - phương pháp anốt. Phương pháp dựa trên cơ sở tác dụng các xung của sự phóng điện liên tục tiếp nối nhau mà mỗi xung gây nên những sự phá huỷ cục bộ tại điện cực dương (anốt) và tạo nên vết lõm trên bề mặt vật liệu.



Hình 2-2 Sơ đồ nguyên lý gia công bằng phương pháp điện xói mòn (điện ăn mòn) [6]

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1- Kênh dẫn điện | 2 - Khoảng trống không khí |
| 3- Vùng kim loại bốc hơi | 4 - Vùng kim loại nóng chảy |
| 5 - Vết lõm | 6- Hạt kim loại đã nguội |
| 7 - Chất lỏng không dẫn điện : dầu hoả, dầu biến thế, | |

Các giai đoạn xảy ra khi gia công :

- a/ Giai đoạn tác dụng xung điện;
- b/ Giai đoạn kim loại bị bắn ra khỏi bề mặt;
- c/ Giai đoạn sau khi gia công.

Có các phương pháp điện xói mòn như sau :

- Phương pháp gia công bằng tia lửa điện
- Phương pháp xung điện;
- Phương pháp tia lửa điện tần số cao;

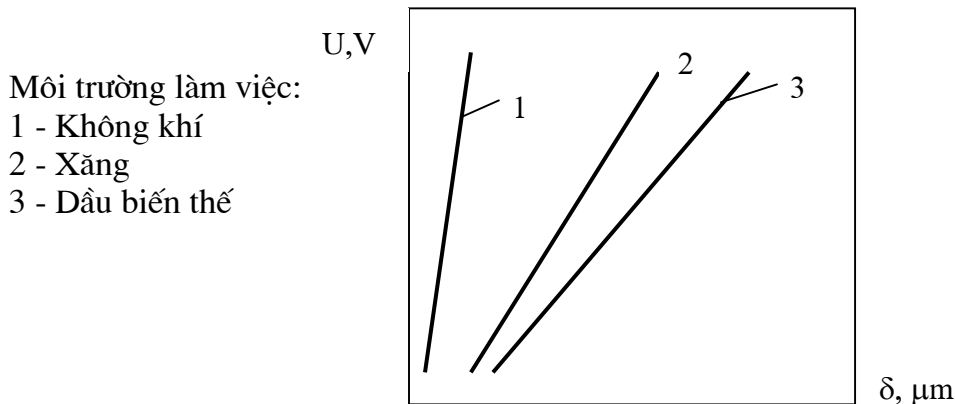
- Phương pháp gia công tiếp xúc điện anốt - cơ

Sự phóng điện theo từng xung với thời gian rất ngắn (tức thời), sinh ra nguồn nhiệt với nhiệt độ đạt đến hàng nghìn độ. Kết quả làm cho chi tiết bị nóng chảy hay bốc hơi (điện cực đóng vai trò như một dụng cụ cắt). Dưới tác dụng của áp suất hơi chất lỏng được tạo nên làm khuấy kim loại bị tác dụng lên và tổng chúng ra khỏi vùng tác dụng ở dạng các giọt kim loại lỏng hay hơi và tạo nên vết lõm trên bề mặt vật gia công.

Quá trình gia công xảy ra trong môi trường chất lỏng không dẫn điện (dầu xăng, dầu biến thế, ...) các chất này vừa cường hoá quá trình phóng điện vừa tạo nên sự mài mòn, đồng thời tăng khả năng đẩy các giọt kim loại ra khỏi vùng bị tác dụng. Quá trình này xảy ra nhanh hơn nếu ta dùng chất lỏng động (luôn luôn luân chuyển).

Thời gian của xung khoảng $10^{-4} \dots 10^{-8}$ giây;
 Hiệu điện thế 250 V;
 Khoảng cách giữa hai điện cực nhỏ nhất có thể được. $\delta = \text{min}$

Đồ thị phụ thuộc U và δ trên hình vẽ : [7]

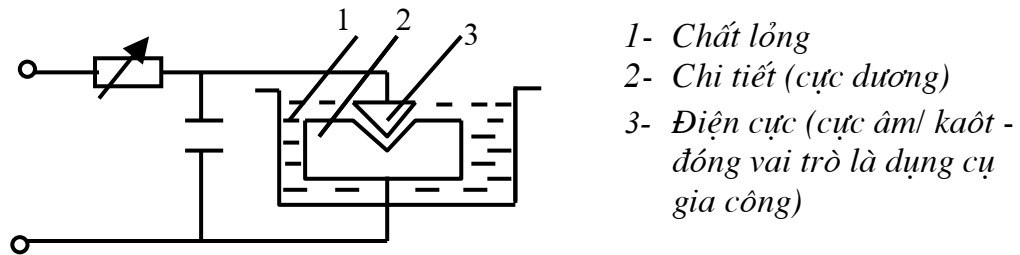


Hình 2-3 Mối liên hệ giữa điện áp U và khoảng cách giữa các điện cực (δ) trong các môi trường khác nhau [8]

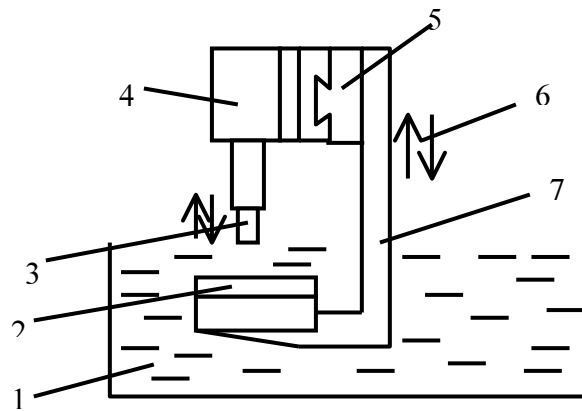
Bề mặt được gia công có độ nhấp nhô nhất định. Sự tạo nên những xung điện phụ thuộc vào những đỉnh nhấp nhô này tiếp xúc nhau và ở khoảng cách ngắn nhất. Quá trình tạo nên các xung tiếp theo sẽ ở vị trí khác có khoảng cách

giữa các đỉnh nhấp nhô ngắn nhất. Hình dạng của anốt - "dụng cụ" quyết định hình dạng và kích thước vật gia công.

2.4.1 Gia công bằng tia lửa điện : [6],[8]

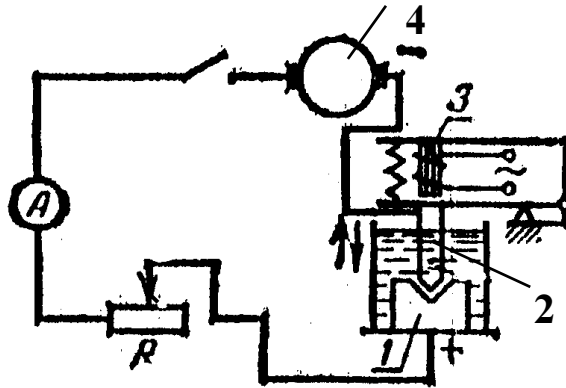


Hình 2-4 Sơ đồ nguyên lý gia công bằng tia lửa điện.



Hình 2-5 Sơ đồ nguyên lý máy gia công tia lửa điện [8] (trang 245)

- 1 - Chất lỏng;
- 2 - Chi tiết ;
- 3 - Điện cực " dụng cụ "
- 4 - Băng trượt ngang;
- 5 - Băng trượt qua - lại
- 6 - Cơ cấu chuyển động lên - xuống;
- 7 - Giá đỡ



Hình 2-6 Sơ đồ nguyên lý máy gia công tia lửa điện không có tụ điện [8]

- 1- Chi tiết (anốt),
- 2- Điện cực ca tốt (Dụng cụ gia công)
- 3- Cơ cấu tạo rung,
- 4- Nguồn điện 1 chiều

Vật liệu làm điện cực được lựa chọn dựa vào vật liệu cần gia công và nguyên công cần thực hiện.

Nếu vật liệu cần gia công là đồng thanh thì sử dụng điện cực là hợp kim đồng;

Vật liệu gia công là vật liệu cứng thì điện cực dụng cụ được chọn từ vật liệu W, Mo, ... Để gia công lỗ đường kính nhỏ thì sử dụng điện cực dụng cụ là đồng thanh. Gang và thép được sử dụng cho đánh bóng và mài.

Nhược điểm của phương pháp gia công tia lửa điện là không thể tránh khỏi độ côn độ không phẳng, không thể nhận được những góc vát có góc nhọn; tổn hao nhiều vật liệu điện cực.

Chế độ gia công điện ăn mòn được chia ra 3 loại cứng, trung bình và mềm:

Bảng 2 - 1 [8]

| Chế độ Gia công | Công suất KVA | Thời gian một xung μs | Tần suất lặp lại 1/s | Lượng tách kim loại mm^3/ph |
|---------------------|---------------|----------------------------------|----------------------|---|
| Vật liệu cứng | 30 - 3 | 10.000 - 100 | 50 - 3.000 | 30.000 - 100 |
| Vật liệu trung bình | 05 - 0,3 | 500 - 2000 | 1.000 - 10.000 | 200 - 30 |
| Vật liệu mềm | < 1 | < 20 | > 3.000 | < 30 |

Chiều sâu vùng ảnh hưởng nhiệt khi gia công :

Bảng 2-2 [8]

| | Chiều sâu vùng bị ảnh hưởng nhiệt (mm) với dòng điện là : (A) | | | | | |
|---------------------------|---|------|-------|------|-------|-------|
| | 5 A | 10A | 30 A | 50 A | 100 A | 300 A |
| C45 | 0,08 | | 0,1`2 | | 0,17 | - |
| C45 (Trạng thái rèn) | 0,09 | 0,12 | - | | - | - |
| C45 TT Tôi HRC48 | 0,08 | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 0,36 |
| CD 80A Tôi, HRC 48 | 0,07 | | 0,15 | 0,17 | 0,18 | - |
| Gang GX 15 - 32 | 0,12 | | - | | 0,25 | - |

Năng suất của quá trình gia công tia lửa điện xác định lượng kim loại bị cắt trong đơn vị thời gian (mm^3/ph) hoặc (g/ ph).

Khi ở chế độ gia công chính xác :

$$U \leq 120 \quad \text{V}$$

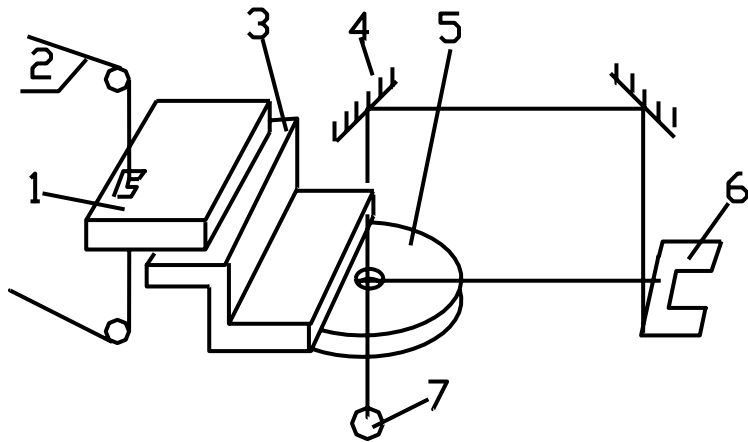
$$I \text{ ngắn mạch } T_{nm} \leq 1 \quad \text{A}$$

$$\text{Điện dung } C \leq 0,03 \quad \text{mkF}$$

Lượng kim loại được xác định theo công thức :

$$Q = 0,022 \cdot C^{2/3} \cdot U^{3/2} \cdot I_{nm}^{2/3}$$

Sơ đồ gia công tia lửa điện bằng dây điện cực di động (xem hình 2-7)



Hình 2-7 Sơ đồ nguyên lý gia công bằng dây điện cực di động[8] trang 246

- 1- Chi tiết điện cực 2 - Dây điện cực 3 - Đồ gá
 4 - Hệ thống quang học 5 - Bàn điều khiển tọa độ
 6 - Màn ảnh chụp hình 7 - Đèn chiếu sáng(Cảm biến)

Dây điện cực có $d = 0,25 - 0,04$ mm

Sai số bàn tọa độ ± 3 μkm

Công suất yêu cầu 300 - 500 W

Thiết bị này dùng để cắt những lỗ , vòng bên trong khép kín; có thể gia công mặt ngoài. Tốc độ cắt : $V = k.C^{1/3}U^{1/2}I_{n.m}^{1/2}$

Trong đó K - hệ số Đồng(Cu) K = 1,9 Mo K = 1,4

W K = 0,66 Hợp kim cứng K = 0,84

- Với - Môi trường gia công là xăng,
 - Vận tốc gia công $V = 12$ mm/s
 - Khoảng cách hai con lăn của dây điện cực = 15 mm

2.4.2 Gia công bằng xung điện :

Vật liệu "dụng cụ " - điện cực là : Cu, Al, grafit;

Độ mài mòn dụng cụ giảm từ 3 - 5 lần

Năng suất tăng và đạt từ 5.000 - 15.000 mm³/ph

Để giảm độ nhấp nhô trên bề mặt người ta phải hạn chế dòng điện max

$I_{\text{max}} = 50$ A đối với thép và giảm dần cho đến cuối cùng là 5 A.

Độ nhấp nhô bề mặt phụ thuộc chế độ gia công như sau :

$$H = C_H \cdot W_s^p$$

C_H - Hệ số độ tinh khiết

$C_H = 90 \mu\text{m/J}$ đối với thép;

$C_H = 205 \mu\text{m/J}$ đối với Ni 7 hợp kim của nó;

$C_H = 67 \mu\text{m/J}$ đối với hợp kim cứng;

p - Hệ số $p = 0,33 - 0,37$ đối với thép;

$p = 0,36 - 0,4$ Thép bền nhiệt và thép Ni

W_s Năng lượng các xung (J)

2.4.3 Gia công tia lửa điện dòng cao tần :

Tần số 300 K Hz

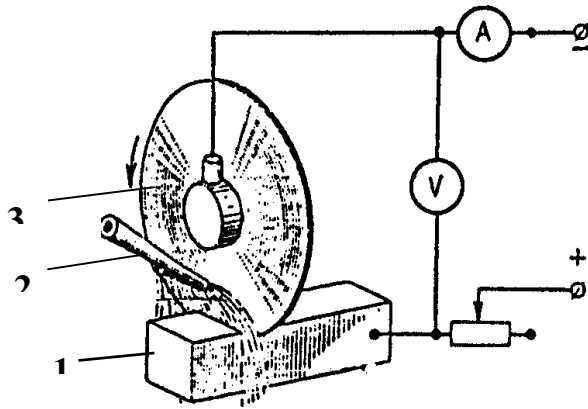
Công suất một xung $10^{-3} - 10^{-4}$ J

| | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Lượng kim loại cắt gọt mm^3/ph | 15 - 20 | 3 - 10 | 0,8 - 1,2 |
| Độ bóng | $\nabla 7 - \nabla 6$ | $\nabla 9 - \nabla 8$ | $\nabla 10 - \nabla 9$ |
| Tương đương Ra (μm) | 1,25 - 0,63 | 0,32 - 0,63 | 0,16 - 0,32 |
| Tốc độ của đĩa quay | : | khi mài | 30 - 40 m/s |
| | | Khi phay | 15 - 20 m/s |

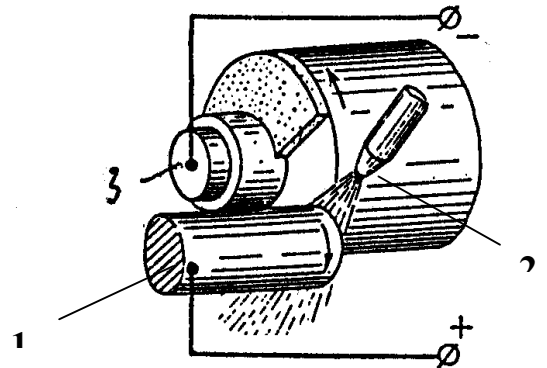
2.4.4 Phương pháp gia công điện tiếp xúc anot - cơ

(Chiều dày gia công 80 - 160 mm)

Đây là phương pháp kết hợp điện hoá và cơ học : cắt, mài, tiện,... Phương pháp này dùng cho các loại vật liệu có tính dẫn điện (thường dùng là dòng điện một chiều).



a/



b/

Hình 2 - 8 Sơ đồ nguyên lý mài cắt [6] trang 66

a- Sơ đồ gia công thô (mài cắt bằng anốt - cơ

b - Sơ đồ gia công tinh có catốt di động

1 - Điện cực catốt - " dụng cụ" 2 - Dung dịch điện phân;

3 - Điện cực anốt "Chi tiết";

Dung dịch điện phân thường dùng : Thủy tinh nước có modun 2,25 - 2,75;

$$\rho = 1,43 - 1,55 \text{ g/cm}^3.$$

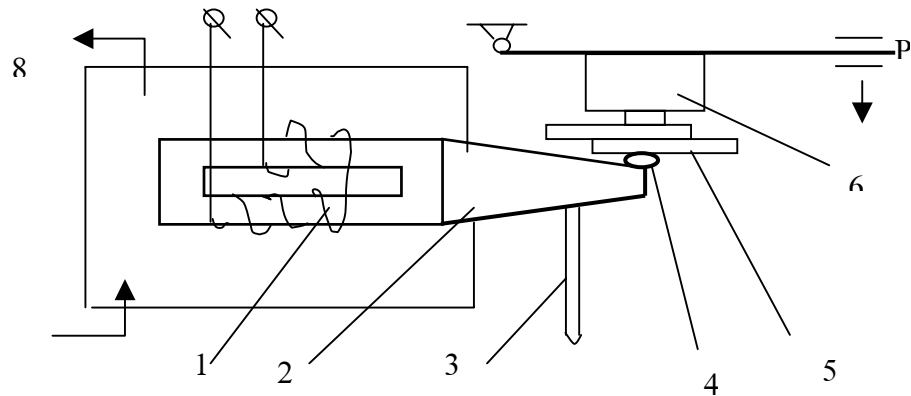
- Điện áp một chiều : $u = 20 - 25 \text{ V}$

Trong quá trình gia công có xảy ra hiện tượng phân cực tạo nên một màng mỏng trên bề mặt làm tăng điện trở, chống lại quá trình hoà tan anốt. Để đảm bảo quá trình liên tục người ta kết hợp quá trình phá huỷ bằng cơ học.

| Nguyên công | U V | Mật độ dòng J A/cm ² | áp lực riêng lên dụng cụ KG/cm ² | Vận tốc dụng cụ m/s | Q Lượng kim loại đã cắt mm ³ /ph | Cấp độ bóng | Dạng gia công |
|----------------------|--------|------------------------------------|--|------------------------|--|-------------|---------------|
| Cắt thép bằng đĩa | 20 -28 | 70-500 | 0,5-2,0 | 10-25 | 2000-6000 | 2-4 | Thô |
| Cắt HK cứng bằng đĩa | 12-18 | 40-150 | 0,5-1,0 | 20-25 | 1000-2000 | 3-5 | -/- |
| Xọc | 19-25 | 5-15 | 0,5-2 | 0,5-2 | 50-250 | 4-6 | -/- |
| Mài | 16-20 | 8-15 | 0,5-1,5 | 20-30 | 10-30 | 6-7 | -/- |
| Mài dụng cụ | 18-22 | 15-25 | 0,2-1,5 | 12-20 | 120-200 | 4-6 | -/- |
| Đánh bóng | 14-16 | 3-7 | 0,5-1,5 | 20-30 | 2-15 | 8-10 | Tinh |
| Mài rà | 4-5 | 0,5-1,0 | 0,5-5 | 0,5-1,0 | 2-3 | 10-12 | -/- |
| Mài nghiền | 10-20 | 0,5-1,0 | 1,0-1,5 | 30 | 2-6 | 9-11 | -/- |
| Mài khôn | 3-20 | 0,1-10 | 0,25-5 | 0,5-1,1 | 0,5-20 | 9-11 | -/- |

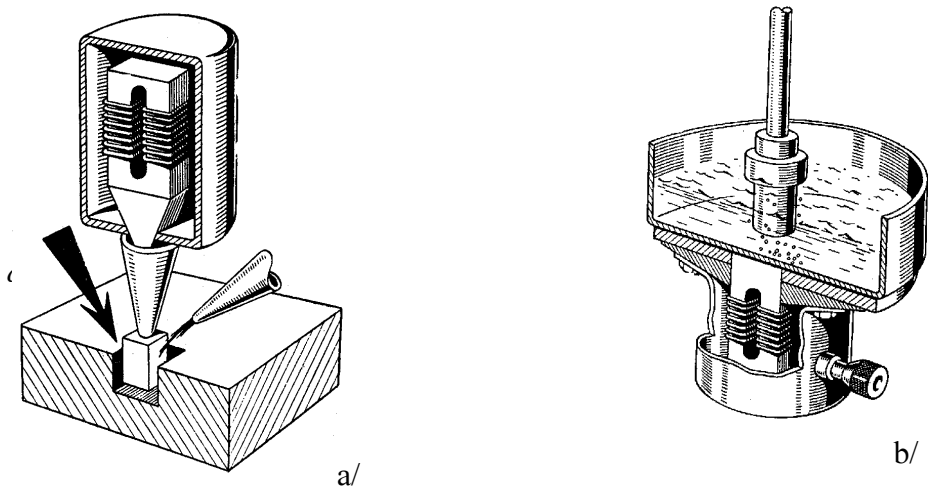
2.5 Phương pháp gia công bằng siêu âm : hàn, mài - cắt, làm sạch...

Sóng siêu âm còn ứng dụng để thay đổi tổ chức kim loại trong quá trình kết tinh. Siêu âm thường được ứng dụng cho gia công các vật liệu cứng, giòn. Kim loại màu ít được ứng dụng phương pháp này để gia công.-



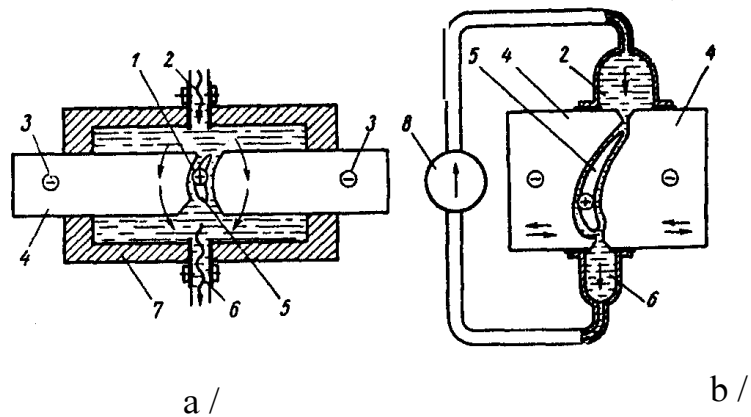
Hình 2-9 Sơ đồ nguyên lý hàn điểm bằng siêu âm

- 1- Bộ phận tạo ra dao động siêu âm, 2- Bộ truyền dao động siêu âm,
 3- Thanh đỡ (điểm tựa) 4 Điện cực 5 Vật hàn, 6 Cơ cấu ép chi tiết
 7- Nguồn điện cao tần, 8 Nước làm mát



Hình 2-10 Sơ đồ gia công bằng siêu âm [8] [6]
 a/ Gia công cắt ; b/ Làm sạch bằng siêu âm

2.6 Phương pháp gia công bằng điện hoá + bột mài



Hình 2-11 Sơ đồ gia công đánh bóng cánh tuốc bin bằng điện hoá và bột mài [6]
 a/ Các điện cực đứng yên, chất điện phân (bột mài) chuyển động ;
 b/ Chi tiết đứng yên, các điện cực chuyển động theo chiều mũi tên.

2.7 Phương pháp gia công bằng hồ quang plasma

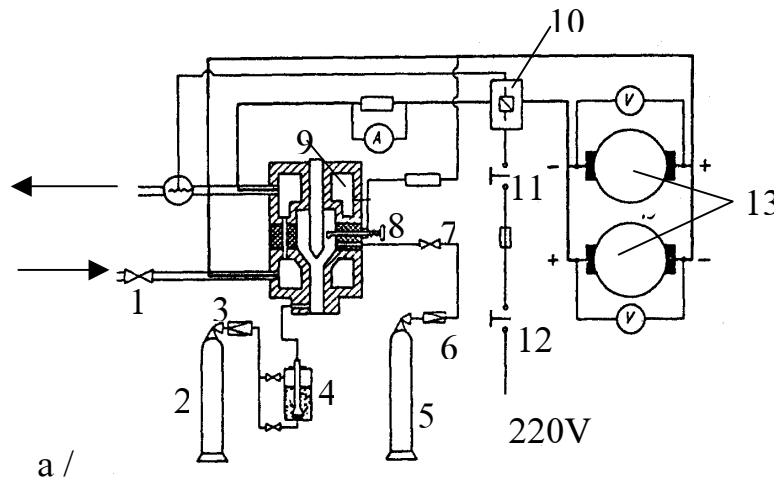
Hồ quang plasma là dòng chuyển động các các phân tử bị ion hoá với trữ năng lớn về nhiệt. Plasma là trạng thái mà vật chất tồn tại ở trạng thái các phân tử mang điện (ion âm, ion dương và các điện tử). Chùm tia plasma là một nguồn nhiệt tập

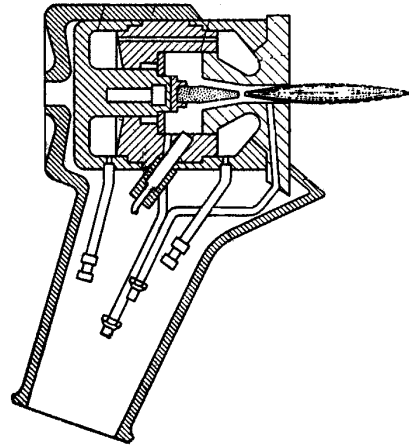
trung , nhiệt độ có thể đạt 20.000°C. Dòng plasma có thể làm nóng chảy các loại vật liệu kim loại : thép, hợp kim cứng,...

Hồ quang plasma được ứng dụng để gia công cắt, hàn đắp, phun đắp kim loại ; đặc biệt là đối với kim loại khó chảy và bất cứ các vật liệu cứng khác. Sử dụng plasma để gia công cắt gọt, làm sạch bề mặt; nung nóng khi hàn vảy và nhiệt luyện kim loại.

Sơ đồ nguyên lý phun bằng hồ quang plasma

Để tạo nên dòng các ion người ta sử dụng sự phóng điện với khoảng cách lớn giữa hai điện cực. Hồ quang sẽ cháy trong một rãnh trụ kín cách điện với điện cực và đầu mỏ phun , đồng thời nó được làm nguội mãnh liệt và bị ép bởi áp lực của dòng khí nén (khí trơ). Nhờ có hệ thống như vậy mà nhiệt độ có thể tăng lên 10.000 - 20.000 °C.





b/

Hình 2-12 Sơ đồ nguyên lý phun đắp bằng plasma

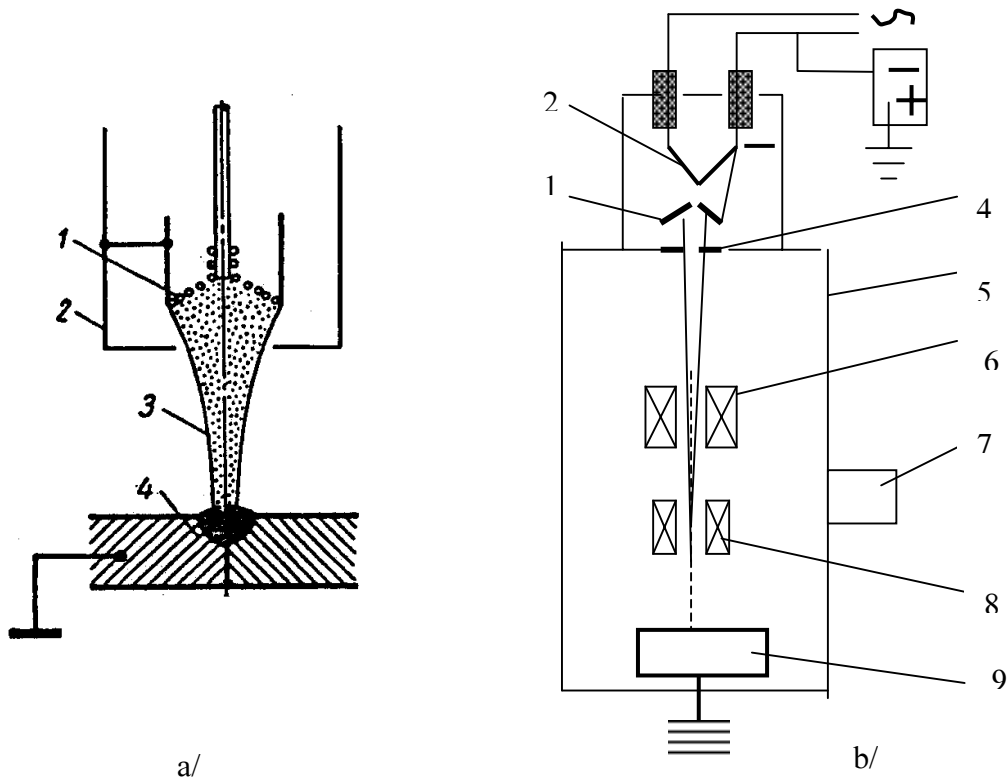
a/ Sơ đồ nguyên lý máy phun đắp bằng plasma ;

b/ Sơ đồ cấu tạo đầu phun plasma (9)

1- Van nước làm mát, 2 - Bình chứa khí để vận chuyển bột kim loại,
 3,6 - van giảm áp, 4 - Thiết bị chuyển tải bột kim loại đắp, 5- Bình chứa khí
 ổn định , 7- Van, Thiết bị kích thích hồ quang, 9- Đầu cắt hoặc đầu phun,
 10, 11, 12 các công tắc, 13 nguồn điện.

2.8 Phương pháp gia công bằng tia điện tử

Sơ đồ nguyên lý



Hình 2-14 Sơ đồ nguyên lý hàn bằng chùm tia điện tử

a- dạng một cấp không có thiết bị tăng tốc

b- dạng một cấp có thiết bị tăng tốc và điều khiển hướng đi của chùm tia

1-Catốt; 2- Catốt điều khiển chùm tia điện tử, 3- Chùm tia điện tử

4-Màng anốt 5- Buồng chân không (khoảng 10^{-5} - 10^{-6} mm Hg)

6- Cơ cấu hội tụ chùm tia bằng điện từ trường

7- Cửa quan sát

8- Hệ thống điều khiển hướng đi của chùm tia điện tử bằng từ trường

9 - Vật hàn

Thực chất của gia công bằng chùm tia điện tử là ứng dụng nguồn nhiệt sinh ra do động năng của các electron va đập lên bề mặt vật gia công. Năng lượng này được biến từ động năng của các electron chuyển động rất nhanh trong chân không thành nhiệt năng khi va chạm lên bề mặt của kim loại. Vận tốc chuyển động của

điện tử (electron) phụ thuộc vào điện áp giữa 2 điểm của điện trường (katốt và anốt).

$$\frac{mV^2}{2} = e.U$$

Ví dụ : Vận tốc electron có thể tính $V \approx 600\sqrt{U}$ (km/s)

Khi $U = 10.000$ V thì $V = 60.000$ km/s

Điện áp giữa 2 điện cực anốt và catốt có thể đạt từ

20 - 50 KV

có khi trên 100 KV

U - Điện áp giữa 2 điểm của điện trường

e - Điện tích của điện tử (electron)

m - Khối lượng của electron

CHƯƠNG 3 : CÔNG NGHỆ LASER

3.1 MỞ ĐẦU

LASER - nguồn năng lượng mới trong ngành gia công các loại vật liệu

Ngày nay gia công kim loại bằng các chùm tia có nguồn nhiệt tập trung đã được sử dụng khá phổ biến. Có thể liệt kê các phương pháp đó là : gia công bằng các chùm tia Plasma, gia công bằng tia lửa điện, gia công bằng chùm tia điện tử, gia công bằng chùm tia laser. Trong đó gia công bằng chùm tia laser được ứng dụng rất nhiều trong công nghệ hiện đại. Laser là nguồn sóng điện từ trường của bức xạ trong vùng cực tím (tử ngoại), trong vùng ánh sáng nhìn thấy được và vùng tia hồng ngoại. Đặc trưng của các nguồn năng lượng này là mức độ đơn sắc và độ tập trung cao . Chính vì thế mà mật độ nguồn nhiệt tại vùng gia công rất tập trung và rất cao.

Từ những năm 1960 người ta đã bắt đầu nghiên cứu ứng dụng laser trong công nghệ gia công kim loại và các vật liệu khác. Laser công suất nhỏ được ứng dụng cho hàn, cắt và một số công nghệ gia công khác với kim loại có chiều dày bé. Laser - Nguồn năng lượng tuy mới xuất hiện vào những năm 60 nhưng có nhiều ưu việt nên đã được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực khoa học công nghệ, trong y tế, trong kỹ thuật quân sự, thông tin liên lạc, kỹ thuật ảnh,....

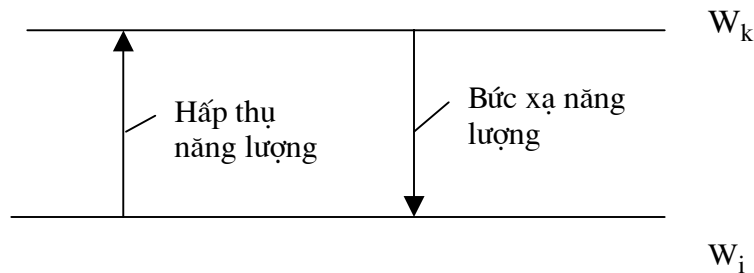
Laser - Tiếng Anh có nghĩa là : Light amplification by the Stimulated Emission of Radiation (Có nghĩa là khuếch đại ánh sáng bằng cảm ứng). Thực chất của quá trình đó có thể lý giải như sau :

Theo Thuyết về nguyên tử của Bo thì sự bức xạ của các vạch quang phổ là do các điện tử chuyển động từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác . Mỗi lần thay đổi mức năng lượng các nguyên tử sẽ bức xạ một lượng tử năng lượng:

$$\epsilon = h \nu$$

Trong đó h - Hằng số Plăng;

ν - tần số của ánh sáng;



Hình 3.1 Sơ đồ mô tả quá trình hấp thụ và bức xạ

W_k - Mức năng lượng ở quỹ đạo k ; W_i - Mức năng lượng ở quỹ đạo i

Bước chuyển điện tử từ i về k ứng với sự hấp thụ năng lượng;

Bước chuyển điện tử từ k về i ứng với sự bức xạ ;

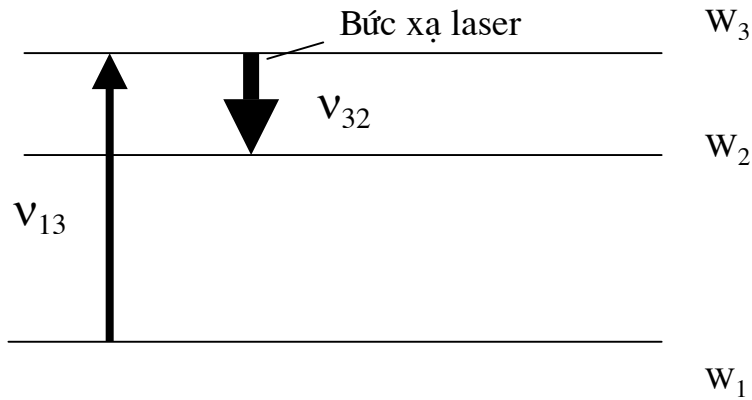
The Anh -Stanh thì bước chuyển từ K về i gồm 2 loại :

- **Bước chuyển tự phát.** Loại này có công suất bức xạ nhỏ không có tác dụng trong các máy phát lượng tử.
- **Bước chuyển cảm ứng :** Bước chuyển này chịu ảnh hưởng của bức xạ bên ngoài có tần số ν_{ki} .

Người ta đã chứng minh được rằng muốn có một môi trường có khả năng khuếch đại ánh sáng thì mật độ nguyên tử ở mức năng lượng cao phải lớn hơn mật độ nguyên tử ở mức năng lượng thấp. Lúc đó, sẽ có sự đảo lộn về mật độ nguyên tử trên các mức năng lượng (tạo nghịch đảo độ tích lũy). Người ta sử dụng một trong phương pháp tạo ra khả năng đó là phương pháp bơm quang học. Trong laser khí người ta sử dụng hiệu ứng va chạm giữa các nguyên tử hoặc phân tử để tạo nghịch đảo độ tích lũy; trong laserphaan tử người ta sử dụng phương pháp phân rã phân tử; ...

3.2 MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TẠO NGHỊCH ĐẢO ĐỘ TÍCH LŨY

Giả sử môi trường ta đang xét có 3 mức năng lượng W_1, W_2, W_3 . Khi có tác dụng của ánh sáng tần số ν_{13} , nguyên tử sẽ chuyển từ mức W_1 lên W_3 , lúc này W_2 chưa có nguyên tử nào cả nên ta có sự chênh lệch lớn giữa 2 mức W_3 và W_2 và nguyên tử chuyển động về W_2 và có được bức xạ cảm ứng :

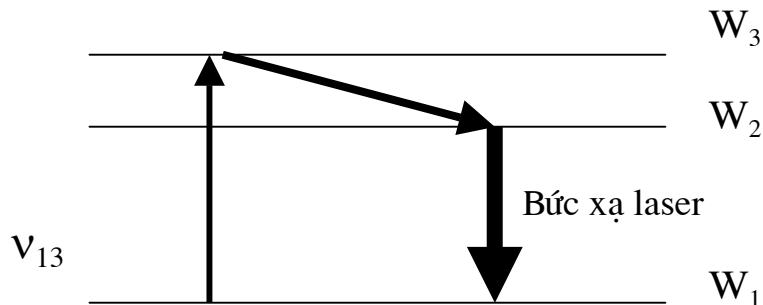


Hình 3.2 Sơ đồ mô tả phương pháp bơm quang học 3 mức kiểu 1 [1]

$$\nu_{32} = \frac{\nu_3 - \nu_2}{h}$$

Sau đó nguyên tử ở mức W_2 sẽ chuyển về mức W_1 . Quá trình này cần phải nhanh vì nếu không thì các nguyên tử mức W_2 sẽ hấp thụ bức xạ ν_{32} và làm giảm sự khuếch đại khi cho bức xạ có tần số ν_{32} đi qua. Nói một cách khác sơ đồ 3 mức như kiểu đang xét ở trên có thể làm việc được khi có sự tích thoát giữa mức W_2 và W_1 tiến hành nhanh hơn giữa mức W_3 và W_2

Trường hợp tích thoát giữa mức W_2 và W_1 xảy ra chậm hơn giữa mức W_3 và W_2 thì các nguyên tử sẽ tập trung trên mức W_2 đến một lúc nào đó số nguyên tử ở mức W_2 sẽ nhiều hơn số nguyên tử ở mức W_1 , lúc đó ta sẽ được khuếch đại ánh sáng với tần số ν_{21} (Hình 3.3).

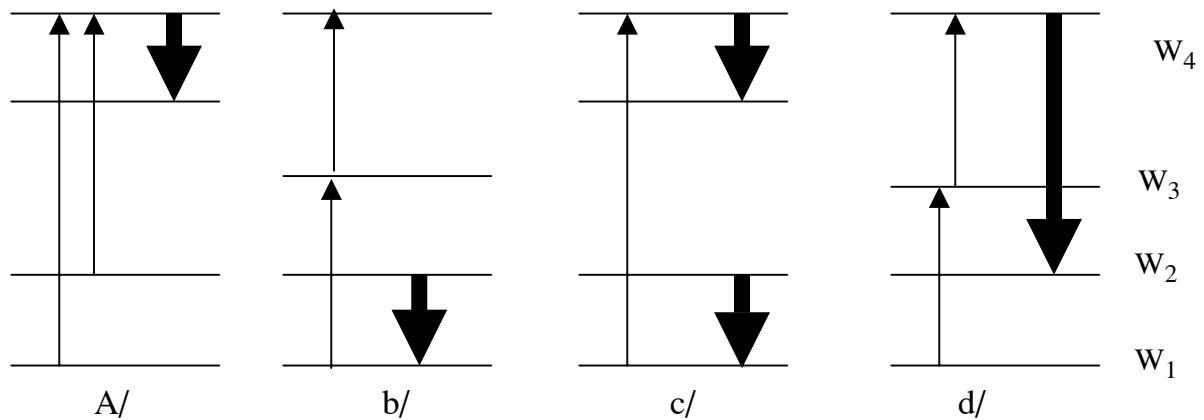


Hình 3.3 Sơ đồ mô tả phương pháp bơm quang học 3 mức kiểu 2 [1]

Máy phát lưỡng tử với tinh thể RUBI hồng Ngọc làm việc theo sơ đồ nguyên lý ba mức năng lượng kiểu 2. Rubi hồng ngọc là ôxyd nhôm có chứa 0,05 % Cr. Nguyên tử Cr trong tinh thể có khả năng hấp thụ một khoảng khá rộng ánh sáng vùng nhìn thấy được và vùng tử ngoại. Khi hấp thụ ánh sáng các nguyên tử Cr chuyển rất nhanh lên các mức kích thích W3, sau đó từ mức không ổn định này chúng chuyển về mức W2. Kết quả là số nguyên tử ở mức siêu bền W2 nhiều hơn ở mức W1. Giữa W2 và W1 đã có sự đảo lộn về mật độ các nguyên tử. Chúng chuyển động đồng loạt về W1 và bức xạ một năng lượng (dạng photon ánh sáng) với tần số :

$$\nu_{21} = \frac{W_2 - W_1}{h}$$

Với sơ đồ 3 mức như trên có nhược điểm là cần tần số bơm phải lớn hơn 2 lần tần số bức xạ của máy phát lưỡng tử. Vì vậy trong thực tế người ta còn sử dụng sơ đồ 4 mức năng lượng (xem hình 3.4).



Hình 3.4 Sơ đồ nguyên lý một số phương pháp tạo nghịch đảo độ tích lũy theo sơ đồ 4 mức [3]

a/ Bơm thực hiện ở 2 tần số ν_{14} và ν_{24} .

b/ Bơm thực hiện ở cả 2 dịch chuyển với tần số ν_{13} và ν_{34} .(gọi là bơm kép)

c/ Bơm thực hiện ở tần số ν_{14} dịch chuyển công tác sẽ là 2-1 và 4-3 : với tần số ν_{21} và ν_{43} .

a/ Bơm thực hiện ở 2 tần số ν_{13} và ν_{34} ($\nu_{13} = \nu_{34}$) dịch chuyển công tác sẽ là 4-3 với tần số ν_{43} .

Đối với các loại laser khí, để tạo nghịch đảo tích lũy mật độ các nguyên tử người ta thường dùng các hiệu ứng va chạm giữa những nguyên tử hoặc phân tử khí với những điện tử tự do có tốc độ chuyển động nhanh dưới tác dụng của điện trường ngoài. Do va chạm với những điện tử chuyển động nhanh, những nguyên tử hoặc phân tử khí trong bình có áp suất thấp (10^{-2} - 1 mmHg) sẽ bị ion hoá hoặc kích thích hoá, kết quả là các điện tử của nguyên tử hay phân tử được năng lượng do va chạm sẽ dịch chuyển lên các mức năng lượng cao hơn, tạo nên nghịch đảo độ tích lũy và cho ta bức xạ cảm ứng. Ngoài ra người ta còn sử dụng phương pháp phân rã phân tử đối với những laser mà hoạt chất là các phân tử.

Quá trình bơm sẽ tạo nên sự kích thích do va chạm theo 2 hình thức sau :



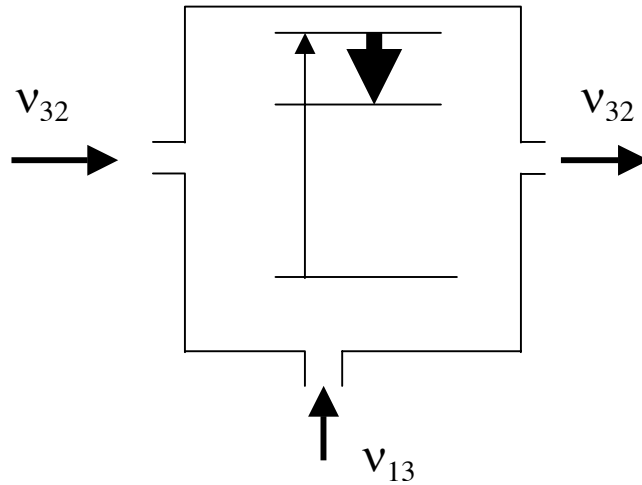
Khi năng lượng của điện tử lớn thì có thể xảy ra quá trình kích thích do va chạm theo sơ đồ :



Hình thức va chạm loại 2 :



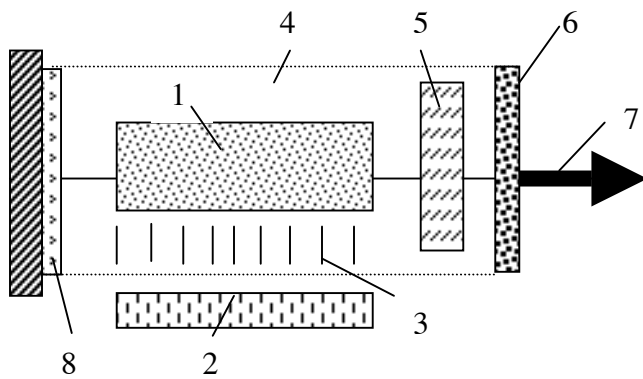
Để bức xạ cảm ứng được khuếch đại cần đưa hoạt chất vào hốc cộng hưởng quang học (xem hình 3-6)



Hình 3-6 Sơ đồ nguyên lý máy khuếch đại lượng tử (Học cộng hưởng) [3]

Khi đưa vào học cộng hưởng, tín hiệu cần khuếch đại có tần số V_{32} . Thì trong hốc sẽ hình thành sóng đứng phản xạ từ thành ống lại và ống đã được điều chỉnh cộng hưởng ở tần số đó. Dưới tác dụng của sóng đứng đó trong hoạt chất sẽ phát sinh và phát triển quá trình bức xạ cảm ứng. Những lượng tử năng lượng sinh ra do hạt dịch chuyển từ mức 3 xuống mức 2 sẽ kết hợp với sóng điện từ kích thích (tín hiệu vào) và sẽ duy trì dao động sinh ra trong hốc. Năng lượng điện từ trong hốc được bức xạ cảm ứng khuếch đại lên.

3.3 SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ CẤU TẠO CỦA MÁY PHÁT LASER



- 1- Môi trường hoạt tính
- 2- Nguồn ánh sáng kích thích
- 3- Tia ánh sáng kích thích
- 4- Học cộng hưởng quang học
- 5- Hệ thống gương (thấu kính hoặc lăng kính,...)
- 6- Gương bán trong suốt
- 7- Chùm tia laser
- 8- Gương phản xạ

Hình 3-7 Sơ đồ nguyên lý máy phát laser [1]

3.4 CÁC BỘ PHẬN CHÍNH CỦA MÁY PHÁT LASER

Máy phát laser được cấu tạo bởi 3 phần chính :

- Môi trường hoạt tính
- Nguồn kích thích
- Phần quang học

Môi trường quang học là bộ phận quan trọng - “trái tim của laser” có nhiệm vụ tạo ra sóng điện từ hay sóng ánh sáng. Môi trường hoạt tính của laser có thể dùng các chất :

- Khí và hỗn hợp khí (Ne, He, CO₂,...)
- Tinh thể (Rubi-hồng ngọc,...) Thuỷ tinh hợp chất
- Chất lỏng : các dung dịch sơn, chất hữu cơ, vô cơ,...
- Chất bán dẫn (Ge, Si,...)

Để cung cấp cho môi trường hoạt tính một năng lượng cần thiết để tạo nên vùng đảo các hạt ở các mức năng lượng cao người ta dùng nguồn kích thích. Nguồn kích thích thường dùng là : nguồn ánh sáng đèn với hệ thống gương phản chiếu; dòng điện tần số cao; cũng có thể dòng điện một chiều hay dòng điện có tần số thấp.

3.5 PHÂN LOẠI LASER :

Có nhiều phương pháp để phân loại laser. Dựa theo vật liệu cấu tạo nên môi trường hoạt tính người ta chia laser thành 3 loại : laser rắn, laser lỏng và laser khí.

• Laser rắn :

Laser dạng rắn được tạo thành từ việc bức xạ của một số chất có tính chất đặc biệt với một số nguyên tố có hoạt tính đặc biệt chịu sự tác dụng của bức xạ ánh sáng.

Laser dạng rắn : hay sử dụng là Rubi-Hồng ngọc Al₂O₃ với 0,0 % Cr₂O₃;

Kính, Y₃Al₅O₁₂, CaWO₄;

Laser hồng ngọc được sử dụng rộng rãi hơn các loại khác vì nó yêu cầu năng lượng kích thích thấp hơn các loại kia. Đây là loại laser đầu tiên được chế tạo từ rubi hồng ngọc, tức là từ Oxyd nhôm với 0,05 % Cr . Loại laser này có tính dẫn nhiệt, bền nhiệt tốt, cho phép làm việc với tần số cao. Tiếp sau là laser chế tạo từ thủy tinh với các ion Neodim (Nd) . Đây cũng là loại laser thể rắn, nguyên lý hoạt động của chúng tương tự nhau. Laser thủy tinh Nd có độ đồng nhất cao đảm bảo góc phân kỳ (góc mở) nhỏ và cho phép bức xạ đều. giá thành rẻ, dẫn nhiệt tốt, có độ bền cơ học, độ bền nhiệt cao, thời gian phục vụ lâu. Quá trình làm việc của loại laser này theo sơ đồ 4 mức năng lượng nên hầu như không thay đổi nhiều theo nhiệt độ, các thông số của laser vì thế sẽ ổn định hơn. Nhược điểm của loại này là tính dẫn nhiệt và chịu nhiệt kém, hạn chế khả năng nâng cao công suất hoặc khi làm việc ở chế độ liên tục. Vì thế, hai loại laser trên đang được cải thiện và hoàn chỉnh liên tục . Các loại laser trên cho phép gia công lỗ có đường kính từ 10 ... 500 μm với chiều dày của vật liệu từ 1 .. 3 mm

- **Laser thể khí** có các loại : Laser CO_2 - N_2 .

- Laser CO_2 - Ne - He

- Laser N_2 , Ar,...

Laser thể khí có bước sóng dao động trong khoảng rộng, từ tử ngoại đến hồng ngoại, cho nên cho phép ta chọn được loại laser phù hợp với từng loại vật liệu gia công : kim loại, thủy tinh, chất bán dẫn, gốm sứ, vải, gỗ,...

Hệ số hữu ích cao

Ví dụ : **Laser thủy tinh - Nd** đạt hệ số hữu ích $\eta = 0,1 \dots 1 \%$ (có thể đạt 2... 3%)

Laser CO_2 có thể đạt hệ số hữu ích $\eta \leq 25 \%$,

Công suất bức xạ đến 100KW

Có thể làm việc ở chế độ liên tục hay chế độ xung; vận hành đơn giản.

Hệ số hữu ích CO_2 có thể cạnh tranh trong các công việc cắt xén vải, giấy, giấy các ton, da, gỗ, cắt những tấm mỏng từ kim loại cứng.

- **Laser lỏng** là một trong những hướng mới của laser. Có 2 loại chất lỏng thường dùng là các hỗn hợp hữu cơ kim loại và chất màu. Loại hỗn hợp hữu cơ kim loại chứa một số nguyên tố hiếm như Eu (eu-rô-pi). Môi trường hữu cơ

đóng vai trò trung gian, nhận năng lượng của nguồn ánh sáng kích thích rồi truyền lại cho các nguyên tử Eu bị kích thích và bức xạ với bước sóng 0,61 μm . Các loại laser lỏng có nhược điểm là môi trường hoạt tính không bền vững, chất hữu cơ bị phân huỷ dưới tác động của ánh sáng kích thích. Vì vậy hiện nay người ta thay chúng bằng các chất vô cơ. Các dung dịch vô cơ được chế tạo từ Oxyd Clorua phot pho hoặc oxyd clorua selen với nêôđim (Nd) hoặc một ít Clorit thiếc hoặc các halogen kim loại hoà tan. Loại laser chất lỏng vô cơ có công suất bức xạ cao (cỡ 500W ở chế độ xung) và hiệu suất khá cao (tương đương laser rắn với hợp chất Nd)

• **Laser không cần nguồn cung cấp điện :**

+ “Laser khí động học” hay “laser phản lực” : Người ta tạo ra vùng đảo bằng phương pháp giãn nở khí đột ngột .

+ Laser hoá học Dùng năng lượng sinh ra do các phản ứng hoá học để tạo ra vùng đảo các mức năng lượng.

+ Laser gamma là một loại laser có cấu tạo phức tạp công suất lớn và bước sóng ngắn có thể đạt cỡ vài Å ($<10^{-7}$ cm).

Bảng 3.1 các thông số đặc trưng của một số loại Laser [4]

| Môi trường hoạt tính | Bước sóng | Tần số | Thời gian một xung | Khoảng thời gian cho phép làm việc | Công dụng |
|----------------------|----------------|------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | μKm | Hz | 1 xung (giây) | | |
| Rubin | 0,6943 | 1 ... 5 | $(0,5 - 3) \cdot 10^{-3}$ | $(50 \dots 100) \cdot 10^3$ xung | Hàn, khoét lỗ |
| Thủy tinh + Nd | 1,06 | 0,05 ... 10 | $1 \cdot 10^{-7} \dots 2 \cdot 10^{-3}$ | $(50 \dots 100) \cdot 10^3$ xung | hàn khoan lỗ hợp kim cứng |
| YAl5O12 | 1,06 | 50 ... 100 | $2 \cdot 10^{-4}$ | $(50 \dots 100) \cdot 10^3$ xung | Cắt |
| CO2-N2-He | 10,6 | Liên tục 50 ... 200 | | 500 ... 1000 giờ | Hàn và cắt |
| N2 | 0,3371 | 100 ... 150 | | 500... 1000 giờ | Gia công màng mỏng và chất bán dẫn |

3.6. ĐẶC ĐIỂM VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA LASER

3.6.1 ĐẶC ĐIỂM CỦA LASER

1. Công suất (Cường độ) của nguồn bức xạ bằng ánh sáng rất mạnh so với nguồn năng lượng điện từ có cùng nguồn.
2. Độ đơn sắc cao . Độ đơn sắc được đặc trưng bởi tỷ số $\mu = \Delta\lambda / \lambda_0$.

$$S = \Delta\omega / \omega_0$$

Trong đó $\Delta\lambda$ - Chiều rộng quang phổ; μ - Mức độ đơn sắc

ω_0 - Tần số ứng với độ dài bước sóng λ_0

Laser Rubin-Hồng Ngọc : $\lambda = 0,69 \mu\text{m}$

Với $D = 1 \text{ cm}$ Đường kính chùm tia bức xạ thì góc phân kỳ

$$\theta_{0,5} = 0,85 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \approx 14''$$

Laser CO₂ : $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$

Với $D = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ Đường kính chùm tia bức xạ thì

$$\theta_{0,5} = 0,85 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \approx 3'20''$$

Trong thực tế góc phân kỳ có lớn hơn do ảnh hưởng của độ đồng nhất về sự phân bố biên độ và các pha trong vùng bức xạ.

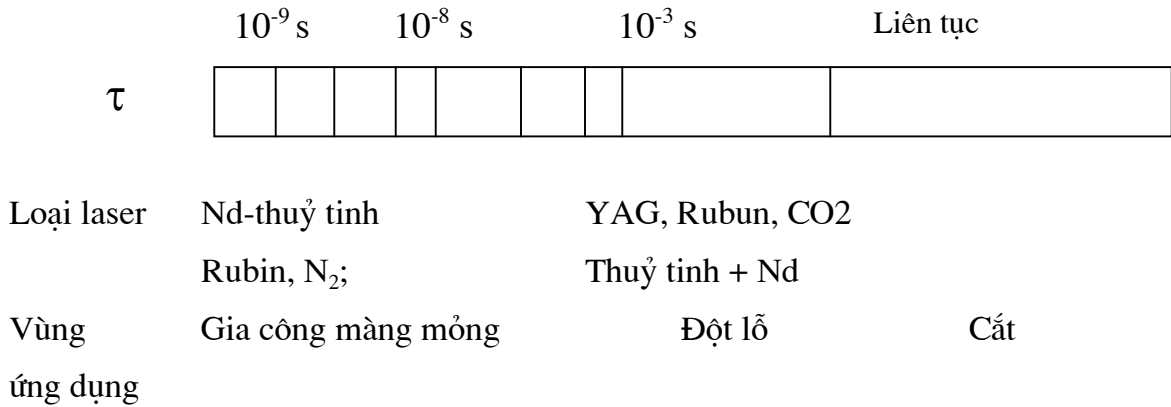
Ví dụ - kích thước vùng bức xạ của tinh thể hồng ngọc khoảng $100 \mu\text{m}$; kích thước vùng bức xạ của hỗn hợp hồng ngọc khoảng $850 \mu\text{m}$ (Rukalinpage 8)

3. Tính đồng loạt cao :

Thời gian kết hợp đối với tia ánh sáng thường là 10^{-8} s

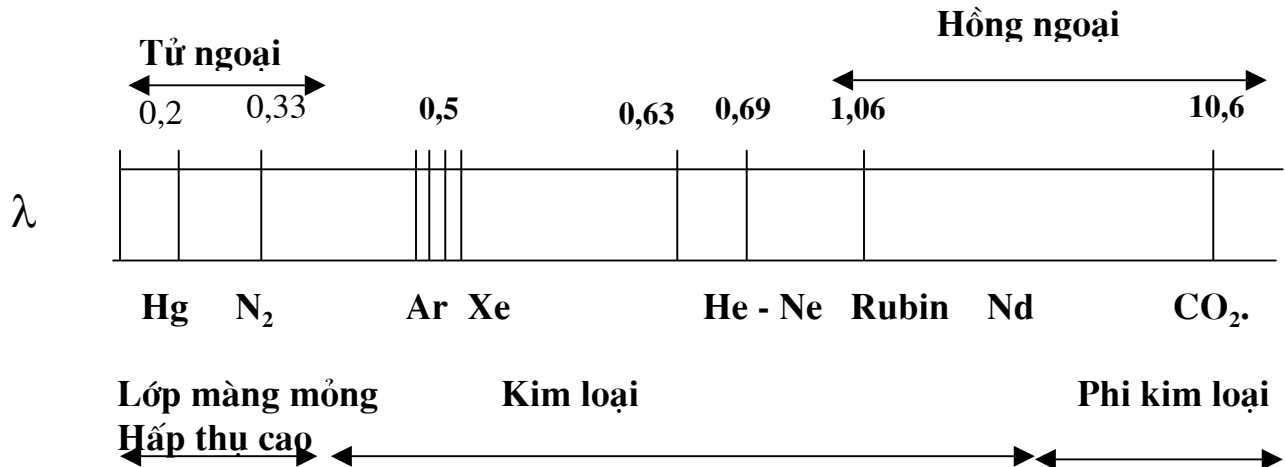
Thời gian kết hợp đối với tia laser là $10^{-2} - 10^{-1} \text{ s}$

4. Kích thước chùm tia nhỏ, có hướng tập trung và có tính hội tụ cao
5. Tần số ổn định;
6. Thời gian một xung ngắn khoảng 10^{-9} giây



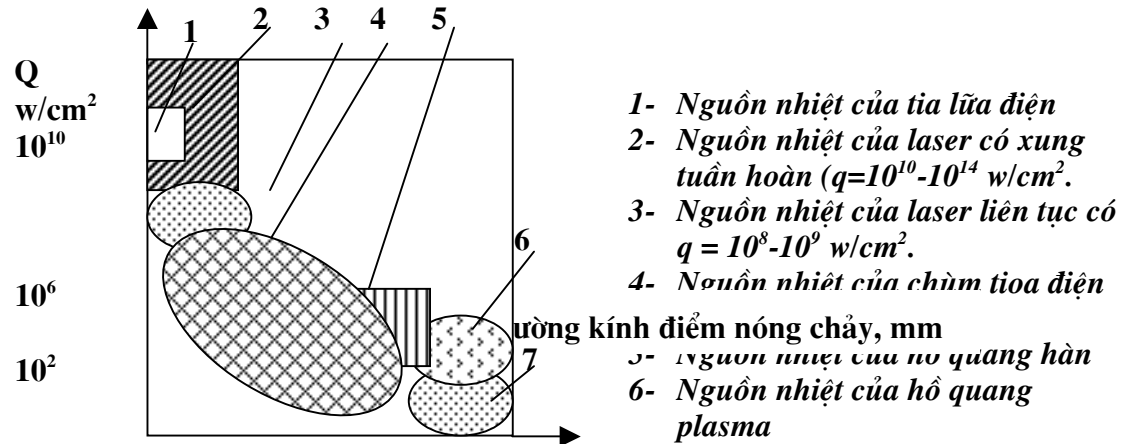
Hình 4-1 Khoảng thời gian bức xạ của một số loại lase [5](trang.1)

7. Bước sóng ngắn và có dải sóng bức xạ lớn từ tia cực tím đến hồng ngoại nên khả năng ứng dụng rộng. Chiều dài bước sóng trong khoảng (0,1 - 70 μm). Trong thực tế người ta quan tâm nguồn có chiều dài bước sóng trong khoảng 0,4 - 10,6 μm . Vì trong khoảng này nguồn laser đã đạt được một số thông số yêu cầu : nguồn nhiệt lượng, công suất xung và công suất khi máy phát làm việc liên tục có ý nghĩa cho quá trình gia công kim loại.



Hình 4-2 Sơ đồ phân bố các loại sóng bức xạ của một số laser [5] (trang 17)

8. Mật độ nguồn nhiệt lớn ($10^7 \dots 10^8 \text{ W/cm}^2$.
 Có thể đạt $10^{10} - 10^{14} \text{ W/cm}^2$.



Hình 3-10 Sơ đồ mức độ tập trung của các nguồn nhiệt [6]

Người ta tính rằng nếu tập trung nguồn nhiệt này lên một diện tích hẹp thì chỉ trong khoảng thời gian nửa phần triệu giây nhiệt độ có thể đạt $8000 \text{ }^\circ\text{C}$. Với khả năng này người ta đang nghiên cứu sử dụng chùm tia laser để gia công : khoan, khoét, hàn, cắt các loại vật liệu cứng và siêu cứng.

Ngoài ra laser còn nhiều ứng dụng quan trọng khác trong lĩnh vực quân sự, trong y khoa, trong kỹ thuật ảnh, trong thông tin liên lạc, ...

3.6.2 KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA LASER [1], [15].

Laser được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ. Theo [15] công nghệ laser được sử dụng trong một số lĩnh vực sau :

1. Laser trong công nghệ hoá học
2. Laser trong công nghệ vật liệu bán dẫn

3. Laser trong công nghệ chế tạo vật liệu kim loại
4. Laser trong công nghệ gia công vật liệu
5. Laser - công nghệ năng lượng
6. Laser trong lĩnh vực topography
7. Laser trong các lĩnh vực khác (kiến trúc, nghệ thuật, y tế,

Trong chuyên đề này chỉ đề cập đến công nghệ laser trong gia công vật liệu.

Phân loại công nghệ laser trong gia công vật liệu.

- Cắt bằng laser
- Khoan (khoan bằng đơn xung, đa xung, khoan tế vi ($d < 0,5 \text{ mm}$),
- Hàn bằng laser (Hàn, kiểm tra khuyết tật, kiểm tra cơ tính, kiểm tra mối, đo độ cứng thường và độ cứng tế vi, kiểm tra tổ chức kim loại,...)
- Hàn vảy (vảy hàn cứng)
- Hàn vảy (vảy hàn mềm)

Phân loại công nghệ laser trong công nghệ vật liệu.

- Biến cứng bề mặt
- Làm bóng và đông cứng bề mặt
- Hợp kim hoá bề mặt và phủ bề mặt
- Luyện kim bột

1 Trong công nghiệp :

- Gia công vật liệu với độ chính xác cao
- Có thể hàn, cắt, khoan các loại vật liệu đặc biệt là vật liệu cứng và giòn như kim cương, thuỷ tinh, sứ,...
- Không tiếp xúc trực tiếp cơ học với vật gia công nên ít gây biến dạng
- Có vai trò quan trọng trong sản xuất công nghiệp vi điện tử
- Laser còn là người kiểm tra chất lượng lý tưởng với độ chính xác và tin cậy cao nhờ có khả năng ánh sáng tập trung, hội tụ cao,... (kính hiển vi laser, thiết bị kiểm tra tham số hình học, thiết bị kiểm tra bề mặt,...)

2 Laser trong thông tin liên lạc

- Truyền tin trên mặt đất và trong vũ trụ bằng tia laser vì tia sáng laser như một luồng sóng điện từ rất mạnh, định hướng cao, có khả năng mang một lượng thông vô cùng lớn.
- Định vị vệ tinh nhân tạo
- Điều khiển hệ máy bay cất cánh và hạ cánh,...

3 Laser trong khoa học kỹ thuật

- Dùng tia laser công suất lớn để “bom” năng lượng cho môi trường plasma đến nhiệt độ cần thiết cho phản ứng nhiệt hạch.
- Sử dụng tia laser để làm giàu uranium ...

4 Laser trong quân sự

- Chùm tia laser - “Đại bác laser” với năng lượng 10^{14} - 10^{16} w/cm² có thể làm cháy, là xuyên thủng bất kỳ mục tiêu nào.
- Các loại máy đo cự ly, radar laser là người trinh sát tinh tường và chính xác
- Sử dụng laser trong điều khiển đường bay của bom, tên lửa (tên lửa laser, bom laser,...) sai số của bom laser khoảng 3-4 m trong khi sai số của bom thường là 100-150m.

5 Laser và kỹ thuật toàn hình (holography)

- Tạo ảnh toàn hình
- Xây dựng kỹ thuật điện ảnh toàn hình

6 Laser trong y học

- Tia laser - một y cụ giải phẫu tuyệt vời; (Vi phẫu thuật mắt, các vết trên da, các khối u,...)
- Sử dụng tia laser trong châm cứu ;
- Sử dụng sợi quang dẫn để truyền ánh sáng laser đến các bộ phận bên trong cơ thể (như dạ dày, ruột,...) để chẩn đoán và điều trị

7. Ứng dụng laser trong phục chế các tượng đài kỷ niệm, các di tích lịch sử bị hoen ố, ...

8. Laser trong nông nghiệp

- Dùng tia laser để kích thích tăng trưởng
- Dùng tia laser để xử lý hạt giống, tăng tỷ lệ nảy mầm

9. Tia laser trong lĩnh vực bảo vệ môi trường

- Ứng dụng tia laser để phân tích, kiểm tra ô nhiễm môi trường

Chương 4 CƠ SỞ LÝ THUYẾT CẮT BẰNG LASER

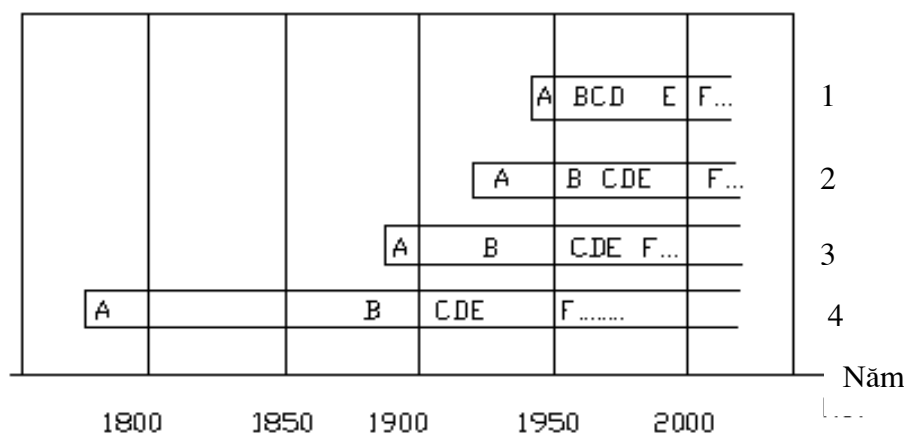
4.1 SƠ LƯỢC VỀ QUÁ TRÌNH CẮT BẰNG LASER

Ý tưởng về sử dụng nguồn năng lượng ánh sáng để cắt kim loại xuất hiện ngay khi dùng tia sáng mặt trời để nhen lửa hay đốt giấy. Từ đó nghiên cứu các thiết bị laser như bị cuốn hút bởi sự hấp dẫn của nó. Hiện nay cắt bằng laser đã trở thành thông dụng ở một số nước. Ở Nhật gần 80 % nguồn laser sử dụng cho cắt các loại vật liệu trong công nghiệp.

Trong thực tế có nhiều phương pháp cắt như : cắt bằng cơ khí, cắt bằng siêu âm, cắt bằng hồ quang plasma, cắt bằng tia nước áp suất cao, ...

Trong những năm gần đây người ta đã bắt đầu sử dụng laser để cắt tất cả các vật liệu với bất kỳ độ cứng nào.

4.1.1 - Lịch sử phát triển các giai đoạn của các phương pháp cắt .



1 - Nước 2 - laser 3 - Plasma 4 - Oxy_axetylen

Hình 4.1 Lịch sử phát triển các phương pháp cắt [12],

A - Những phát minh ra cơ sở nguyên lý gia công;

B - Phác thảo công nghệ;

C - Khuynh hướng công nghệ của những máy đầu tiên trong công nghiệp;

D - Quá trình ứng dụng và phát triển trong công nghiệp;

E - Giai đoạn tối ưu hoá quá trình ;

F - Giai đoạn chính muồi cho tương lai trong công nghiệp

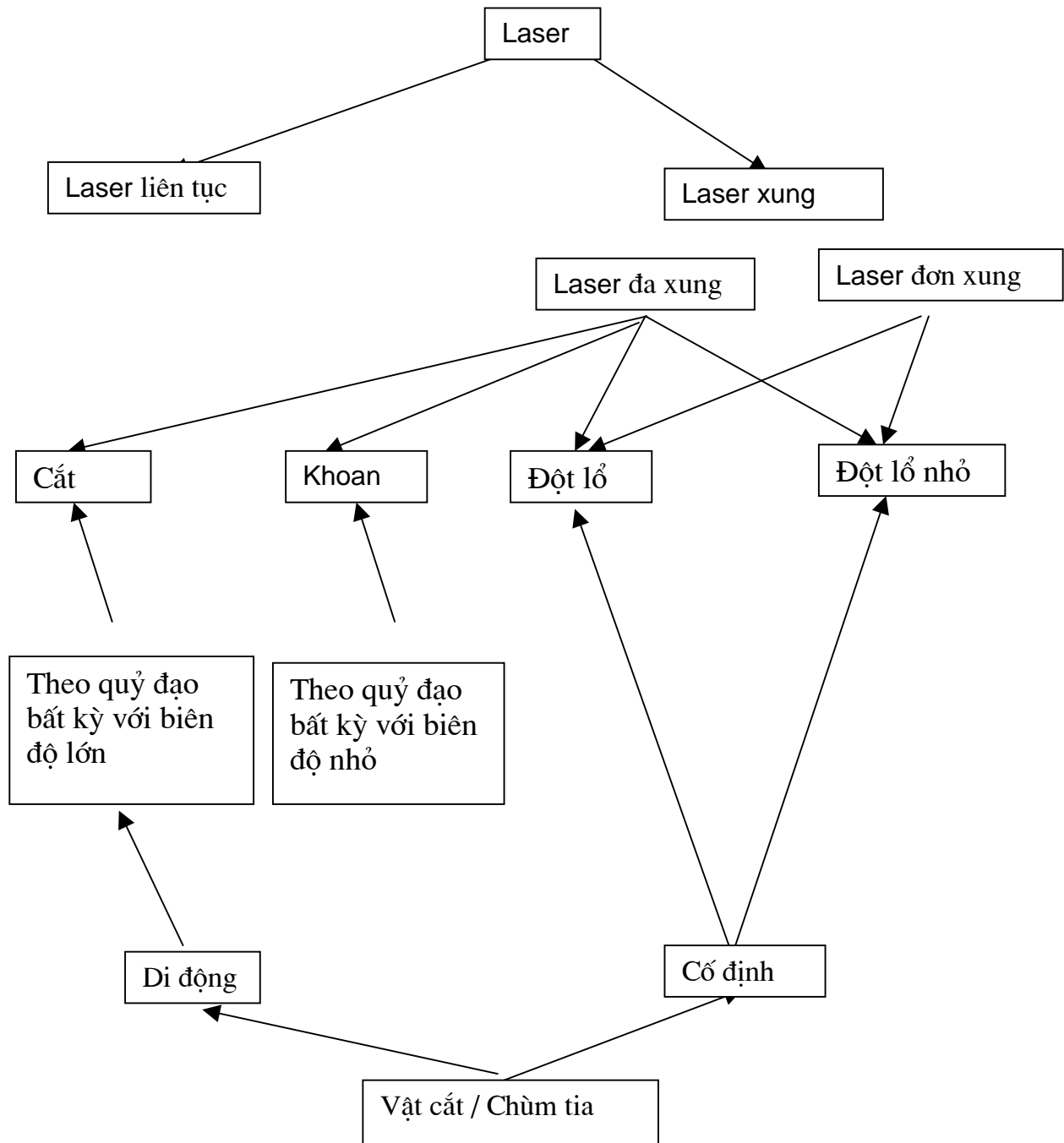
4.1.2 Bảng so sánh các đặc tính của các phương pháp cắt và phạm vi ứng dụng

(xem bảng 4-1)

Bảng 4-1

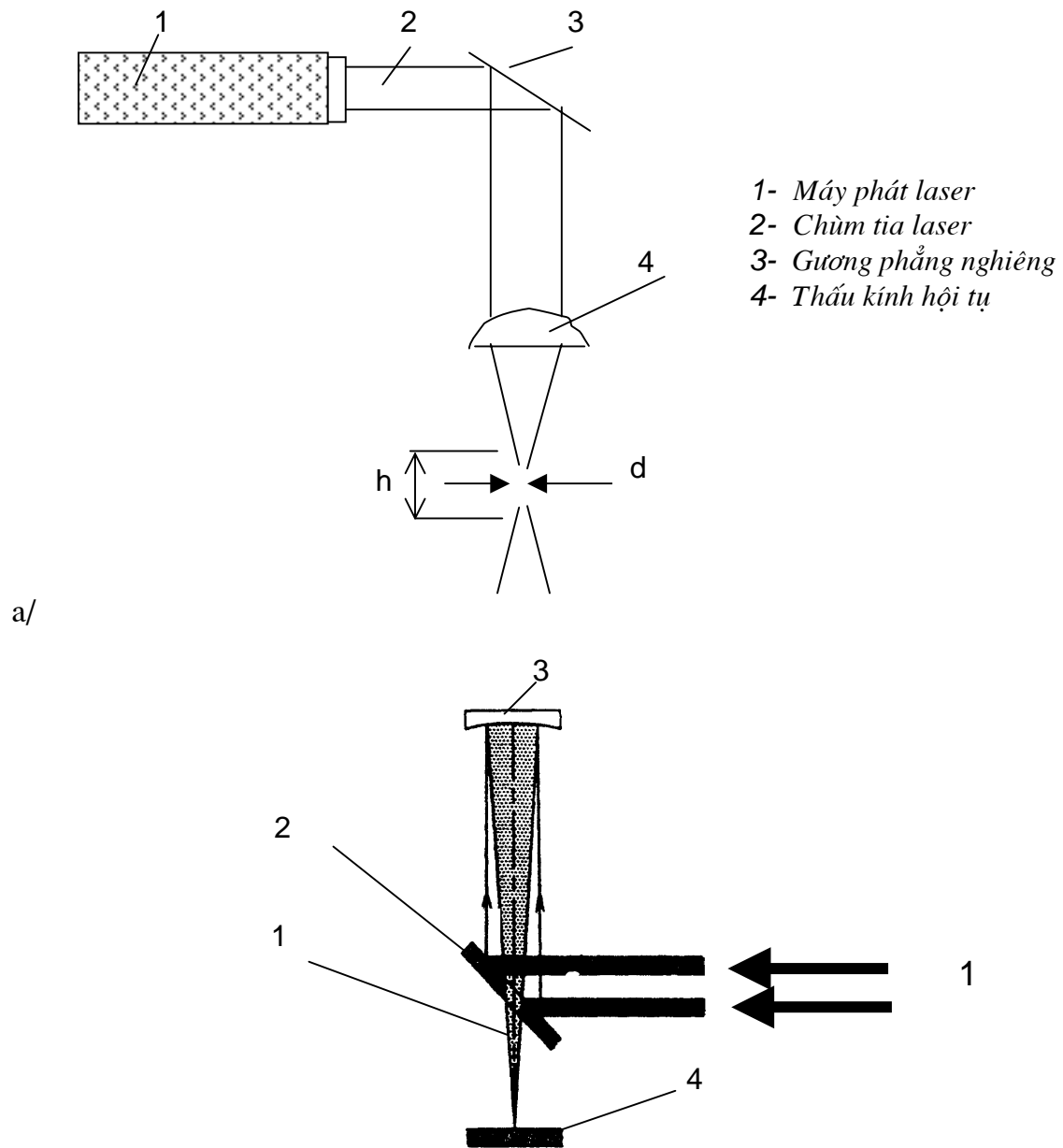
| Đặc tính và phạm vi ứng dụng | Cắt bằng Oxy C ₂ H ₂ | Cắt bằng Plasma | Cắt bằng tia laser |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Vật liệu cho quá trình cắt | Thép và thép hợp kim, hợp kim có từ tính và không từ tính. | Tất cả các loại vật liệu dẫn điện | Tất cả các loại vật liệu kim loại và phi kim loại (KL, vải, plastic,...) |
| Chiều dày cắt | 3 - 300 mm (cho đến 2 000 mm) | 30 - 40 mm (có thể đạt 150 - 200mm) | 0,6 - 8 mm có thể đạt 15 mm |
| Chiều dày tối ưu khi cắt kim loại | 5 - 600 mm | - 0,4 - 30 Thép thường - 0,4 — 15,0 (thép inóc) 0,4 — 20,0 HK nhôm | 1 - 6 mm |
| Chiều dày có thể cắt (kim loại) | 3 - 5 mm và 600 - 2000 mm | 30 - 150 mm cho thép | <= 10 mm |
| Tốc độ cm/ph | 100cm/ph S= 3mm 20 cm/ph S = 300 | 2000 cm/ph | Giống Plasma nhưng tốc độ tăng hơn khi chiều dày tăng |
| Mức độ biến dạng | Lớn | Vừa | Ít |
| Độ chính xác | 1 - 2 mm | 1 mm | 0,1 - 0,2 mm |
| Chiều rộng rãnh cắt | 2 - 6 mm | 1 - (2 - 6 mm) Các mép cắt khá song song | Rãnh cắt rất mảnh cơ phần mười mm |
| Chất lượng mép cắt | Khá tốt | Các mép cắt khá song song | Rất tốt |
| Mức độ ô nhiễm | CO ₂ rất nguy hiểm và các loại khí thải khác | - Hồ quang hàn - Khí thải, oxit, N ₂ , | -Có thể có hơi kim loại - Hơi Cl khi cắt plastic |
| Công suất cần thiết | Phụ thuộc loại khí | 30 - 100 KW | 1,5 - 2,0 KW |
| Nhiệt độ | 3170 °C O ₂ +C ₂ H ₂ 2840 O ₂ +C ₃ H ₈ | 15000-20000 °C | Mật độ nhiệt rất cao |

4.2 - PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT BẰNG LASER

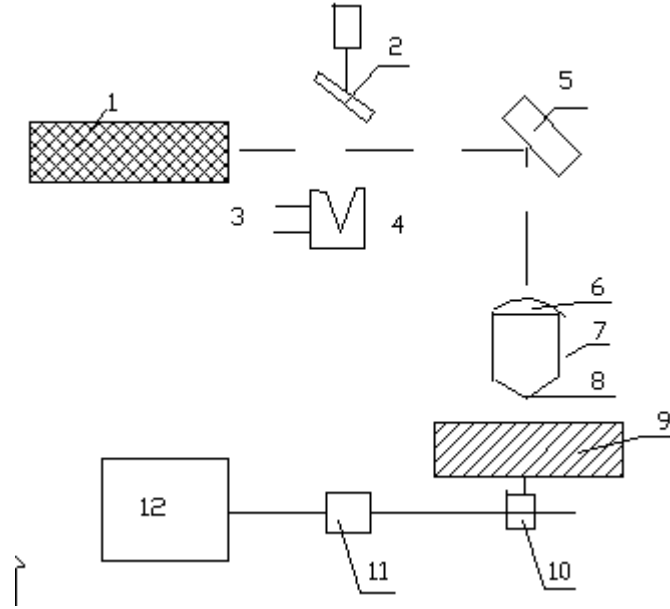


Hình 4..2 Sơ đồ phân loại các phương pháp cắt bằng laser [13]

4.3 SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ CẮT BẰNG CHÙM TIA LASER

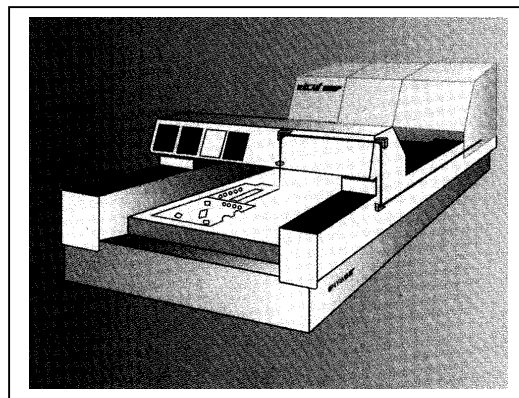


Hình 4.3 Sơ đồ nguyên lý điều khiển hướng chùm tia laser khi cắt
 d - đường kính chùm tia;



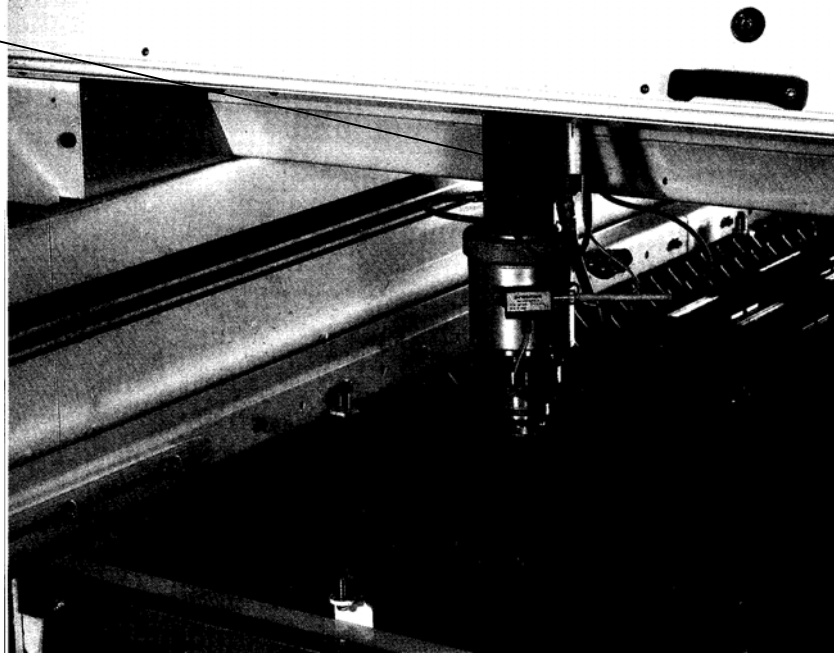
Hình 4.4 Sơ đồ quá trình cắt bằng laser CNC [13] P 72

- | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 1 - Nguồn laser; | 2 - Thiết bị bắn chùm tia laser; | |
| 3 - Nước làm mát | 4 - Máy đo nhiệt lượng; | |
| 5 - Gương dẫn hướng; | 6 - Thấu kính hội tụ | |
| 7 - Khí cắt | 8 - Đầu cắt; | 9 - Vật cắt; |
| 10- Bàn điều khiển (X,Y); | 11- Mô tơ | 12- Máy điều khiển CNC |

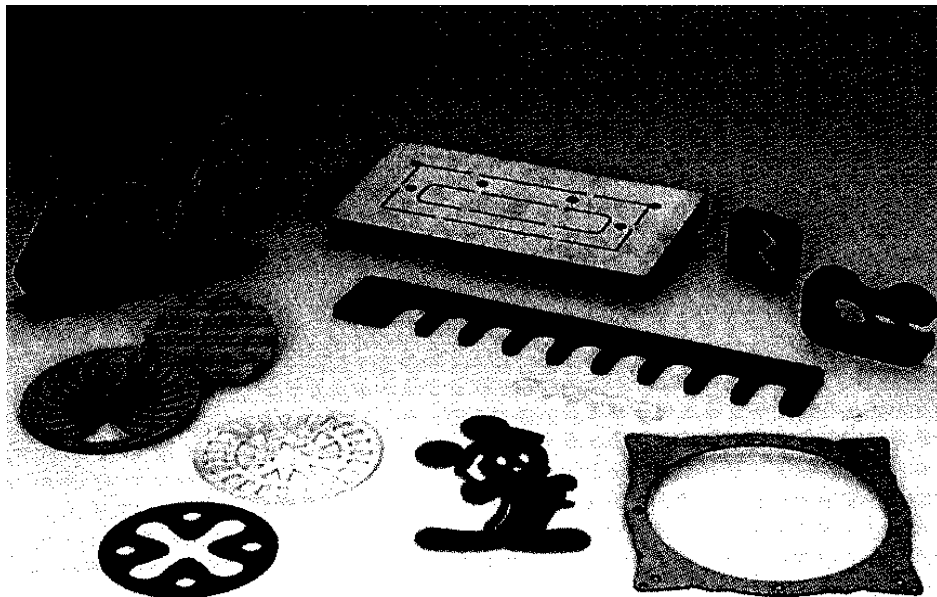


Hình 4.5 Hình dáng bên ngoài của 1 máy cắt bằng laser

Đầu cắt



Hình 4.6 Hình dáng bên ngoài của 1 máy cắt bằng laser CNC của hãng HACO



Hình 4.7 Các sản phẩm cắt trên máy cắt bằng laser CNC của hãng HACO

4.4 ĐẶC ĐIỂM CỦA QUÁ TRÌNH CẮT BẰNG LASER

Cắt bằng laser có nhiều ưu điểm đối với vật liệu có chiều dày nhỏ. Ở Nhật gần 80% các phần việc của laser là cắt. Có thể cắt vật liệu phi kim loại và vật liệu kim loại.

Ưu điểm của cắt bằng laser :

1. Chùm tia laser có nguồn nhiệt tập trung với mật độ nhiệt cao. Vì thế nó có thể cắt tất cả các loại vật liệu và hợp kim của nó.
2. Rãnh cắt hẹp; sắc cạnh; độ chính xác cao;
3. Có thể cắt theo đường thẳng hay đường cong bất kỳ;
4. Mép cắt sạch đẹp, không cần các bước gia công phụ thêm;
5. Quá trình cắt xảy ra nhanh chóng;
6. Đây là quá trình cắt không tiếp xúc; nó có thể cắt theo các hướng khác nhau.
7. Có thể cắt vật liệu có từ tính và không từ tính.
8. Khi cắt, không có các tác dụng cơ học nên tồn tại rất ít ảnh hưởng của biến dạng trong quá trình cắt và sau khi cắt. Vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ, biến dạng nhiệt ít;
9. Có năng suất cao; có thể tăng năng suất khi sử dụng các máy có điều khiển bằng chương trình NC, CNC.
10. Có thể cơ khí hoá và tự động hoá điều khiển quá trình cắt; Cắt vật liệu phi kim loại chiếm tỷ lệ khoảng 70 % (ví dụ : như cắt vật liệu ceramic, kính, vật liệu compôzit đặc biệt là vải và các loại giấy) ; phần còn lại khoảng 30% là cắt kim loại. Thời gian gia công bằng chùm tia laser khi tự động hoá có thể giảm từ 8 giờ xuống còn 4 phút.
11. Không gây ồn; điều kiện lao động tốt. Ngoài ra điều kiện làm việc của công nhân được cải thiện rất nhiều do lượng bụi ít hơn so với các phương pháp gia công cơ khí.

12. Chiều dày cắt hạn chế trong khoảng 10 - 20 mm (phụ thuộc vào công suất của nguồn laser).

4.5 ĐẶC TÍNH CỦA THIẾT BỊ CẮT BẰNG LASER

- **Đặc tính thuộc thiết bị bao gồm :** loại máy phát, kích thước của máy, loại nguồn, dạng xung hay liên tục, độ dài bước sóng, phân cực, dạng chùm tia, vị trí đầu cắt,.
- **Đặc tính về dịch chuyển :** Tốc độ dịch chuyển. điều khiển vị trí tiêu điểm của chùm tia;
- **Đặc tính của khí cắt:** thành phần khí hỗ trợ, cắt có khí nung hay không,..;
- **Đặc tính vật liệu :** Tính truyền dẫn nhiệt, đặc tính quang học (hấp thụ bức xạ, khả năng phản xạ...)

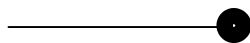
4.6 CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT BẰNG LASER.

Để tiến hành cắt có thể tiến hành theo 6 phương pháp cắt sau đây [7]:

- 1 - Phương pháp đột biến về nhiệt (Năng lượng tương đương (NLTĐ) - 1 lần)
- 2 - Cắt bằng “khoan” (NLTĐ là 1 lần)
- 3 - Phương pháp nóng chảy, đốt cháy và thổi ;(NLTĐ gấp 10 lần)
- 4 - Phương pháp nóng chảy và thổi; (NLTĐ gấp 20 lần)
- 5 - Phương pháp bay hơi; (NLTĐ gấp 40 lần)
- 6 - "Cắt nguội " Dùng laser năng lượng siêu cao để cắt.
(NLTĐ gấp 100 lần)

4.6.1 Phương pháp đột biến về nhiệt

Đây là phương pháp lợi dụng sự tập trung nhiệt đột ngột tại một điểm rất nhỏ trên bề mặt vật cắt và liên tục phát triển với tốc độ cao (cỡ m/s), gây neensuwj gãy đột biến và tạo nên rãnh cắt. Phương pháp này thường dùng khi cắt vật liệu giòn.



Hình 4-8

4.6.2 Phương pháp cắt bằng “khoan”

Cơ sở của phương pháp này là dùng tia laser khoan các lỗ sâu hoặc không sâu, sau đó bẻ gãy bằng cơ học. Phương pháp này thường dùng khi cắt vật liệu giòn.



Hình 4-9 Sơ đồ nguyên lý phương pháp khoan cắt bằng laser

4.6.3 Phương pháp nóng chảy, đốt cháy và thổi

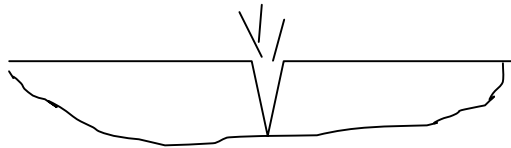
Làm cho vật liệu nóng chảy, cháy sau đó thổi các sản phẩm cháy đi, tạo nên rãnh cắt. Trong quá trình nóng chảy đồng thời xảy ra phản ứng cháy cung cấp nhiệt bổ sung nên năng lượng tương đương tăng lên rất nhiều (10 lần) so với khoan cắt.

4.6.4 Phương pháp nóng chảy và thổi

Nung nóng chảy vùng bị cắt và dùng khí áp suất cao thổi chúng ra khỏi vùng cắt và tạo nên rãnh cắt.

4.6.5 Phương pháp bay hơi.

Sử dụng nguồn nhiệt cao, tập trung làm cho vật liệu bay hơi tạo nên rãnh cắt



Hình 4 - 10 Cắt bằng phương pháp bay hơi

4.6.6 Phương pháp “cắt nguội”.

Dùng laser có dải tần số vùng cực tím có năng lượng siêu cao để cắt. Phương pháp này dùng để cắt vật liệu platic, vi phẫu thuật. Chất lượng mép cắt rất cao.



Hình 4-11 Cắt bằng năng lượng tập trung cao

4.7 CÁC QUÁ TRÌNH XẢY RA KHI CẮT VẬT LIỆU

4.7.1 Sự phân bố và truyền nhiệt khi gia công cắt

Nhiệm vụ nghiên cứu chính khi kim loại chịu tác dụng của nguồn bức xạ : *
Nghiên cứu không gian và thời gian các đặc tính truyền dẫn nhiệt.

* Bài toán truyền dẫn nhiệt.

* Các bài toán về điều kiện biên;

Đặc trưng cho sự bức xạ của laser là độ đơn sắc và được đặc trưng bởi tỷ số:

$$\mu = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$$

$\Delta\lambda$ - Chiều rộng vạch quang phổ; λ - Bước sóng;

ω - Tần số trung bình ; μ - Mức độ đơn sắc;

Bán kính vệt nung trên bề mặt kim loại gia công được tính :

$$r_f = \theta.F$$

θ - góc phân kỳ (góc loe) D - đường kính chùm tia bức xạ;

F - Tiêu cự của thấu kính.

$$\text{nếu } D/F = 0,3 \quad \theta = \theta_{0,5} \quad r_f = \theta.F = 1,22$$

$$r_f = \theta.F = 0,3 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

Và công suất bức xạ là 10^6 (W) thì mật độ nhiệt ở tâm vệt nung là 10^{13} W/cm² .

Ghi chú : Thời gian một xung khoảng 10^{-9} giây

Mật độ nguồn nhiệt $10^8 - 10^9$ w/cm² .

Sự phân bố mật độ cường độ nhiệt trên mặt phẳng tiêu cự của thấu kính là :

$$q(r) = q_0 \left[\frac{2.I_1.B_r}{B_r^2} \right]^2$$

$I_1(u)$ - hàm B.exelia với $B = (\pi.D)/\lambda F$, Cường độ bức xạ nhiệt ở tâm ($r = 0$) sẽ là :

$$q_o = \frac{(\pi.D)^2}{4.(\lambda.F)^2} . P_o \quad P_o - \text{là công suất bức xạ}$$

Năng lượng bức xạ trong chất rắn và chất lỏng ở chế độ tổng hợp tự do $\leq 10^3$ Jun .
 Năng lượng bức xạ của laser xung có thể đạt từ vài trăm KW (ở chế độ tập hợp tự do)
 cho đến hàng triệu kw tại các “pic” trung bình và năng lượng các “pic” riêng rẽ.

Sự truyền nhiệt cho vật liệu gia công.

Nguồn nhiệt bức xạ tác dụng lên bề mặt gia công, một phần bị phản xạ, một phần đi sâu vào trong vật liệu và bị chúng hấp thụ. Trong khoảng thời gian nhất định sẽ xảy ra quá trình phân bố nhiệt .

Quy luật phân bố trong thể tích kim loại đó thực tế có thể biểu diễn bằng định luật BUGER [8]:

$$q_v(z) = q_{vo} (1-R)e^{-\alpha z}.$$

$q_v(z)$ - Mật độ công suất khối của bức xạ ở khoảng cách z W/cm^3 .

q_{vo} - Mật độ công suất khối của bức xạ trên bề mặt;

$(1- R)$ - Khả năng hấp thụ; R - hệ số phản xạ chùm tia;

α - Hệ số hấp thụ ánh sáng $(1/cm)$;

Quá trình hấp thụ ánh sáng và truyền nhiệt bức xạ trong các vật liệu khác nhau (kim loại , bán dẫn, chất cách điện) sẽ khác nhau.

Quá trình hấp thụ các kvan(photon) ánh sáng xảy ra khi hấp thụ hay phát photon hay do sự va chạm giữa chúng.

Hấp thụ ánh sáng sẽ làm tăng năng lượng các điện tử. Một phần năng lượng của electron sẽ truyền cho mạng . Tuy thế năng lượng này không đáng kể vì các mạng ít hơn rất nhiều so với số lượng lớn các ion và điện tử.

Quá trình hấp thụ nhiệt của kim loại từ vùng vệt nung đến vùng kim loại bên trong xảy ra do truyền nhiệt bởi điện tử, photon, và bức xạ.

Trong vùng gia công, nhiệt độ lên đến vài nghìn độ - đó là truyền dẫn nhiệt điện tử.

Truyền nhiệt - photon xảy ra ở vùng nhiệt độ thấp; vai trò của nó rất nhỏ so với truyền nhiệt điện tử.

Truyền nhiệt bằng bức xạ chiếm vai trò quan trọng khi

$$T^{\circ} \geq 10^4 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Cơ sở của quá trình gia công laser là khả năng bức xạ của laser để tạo nên trên một bề mặt nhỏ có mật độ nguồn nhiệt rất cao đủ để nung nóng kim loại, hay làm nóng chảy hay bay hơi bất kể một loại vật liệu nào.

Nguồn nhiệt laser chiếu lên bề mặt kim loại có :

- + một phần phản xạ trở lại;
- + một phần được vật liệu hấp thụ vào sâu trong vật gia công.

Phần nhiệt đi sâu vào trong vật liệu hầu như bị các điện tử tự do ở lớp trên cùng của bề mặt (độ sâu khoảng 0,1 - 1 μm) hấp thụ. Chính điều đó làm tăng nguồn năng lượng cho các điện tử và chúng sẽ bị va chạm mãnh liệt hơn.

Thời gian ban đầu mà các điện tử hấp thụ năng lượng và làm tăng các va chạm chiếm khoảng 10^{-11} giây.

Phần lớn nguồn nhiệt laser truyền vào sâu trong kim loại bằng sự truyền nhiệt electron (truyền nhiệt điện tử)

Sự truyền nhiệt bức xạ lên vật liệu gia công

Khả năng hấp thụ năng lượng được thể hiện bằng công thức [8]

$$A = 112,2(\sigma_0^{-1})^{1/2}$$

$$A = 1 - R$$

σ_0 - Điện trở suất của kim loại cho dòng 1 chiều ($\Omega\text{m/m}$);

R - hệ số phản xạ của vật liệu;

Hệ số hấp thụ A của một số vật liệu khi bước sóng $\lambda = 10,6$ (μkm)

Bảng 4-2 [8]

| Vật liệu | Bề mặt đã đánh bóng A= | Bề mặt bị ôxy hoá (ở $T = 873^{\circ}\text{K}$, $t = 2$ giờ) A= |
|----------|---------------------------|---|
| Au | 0,010 | - |

| | | |
|----|-------|-------------|
| Al | 0,034 | 0,25 - 0,50 |
| Fe | 0,050 | 0,33 - 0,74 |
| Zr | 0,083 | 0,45 - 0,56 |
| Ti | 0,094 | 0,18 - 0,25 |

Nhận xét :

* Mức độ hấp thụ thay đổi khi bề mặt có gia công tấm thực hoặc có sự thay đổi về thành phần hoá học ...

- Với độ nhấp nhô tăng từ Rz = 34 ---> 120 µm thì hệ số hấp thụ tăng lên

Thép không gỉ : 1,2 - 1,5 lần

Sắt kỹ thuật : 2,5 - 2,8 lần

- Bề mặt có sơn phủ vật liệu hấp thụ đặc biệt hay bột kim loại thì hệ số hấp thụ cũng tăng từ : 2,0 - 2,5 lần.

Mức độ phản xạ của nguồn nhiệt laser từ bề mặt vật rắn khi gia công được xác định bằng hệ số phản xạ.

Hệ số phản xạ phụ thuộc :

+ Loại vật liệu;

+ Chiều dài bước sóng bức xạ của laser;

Bảng 4-3 Hệ số phản xạ của một số chất hoạt tính [6]

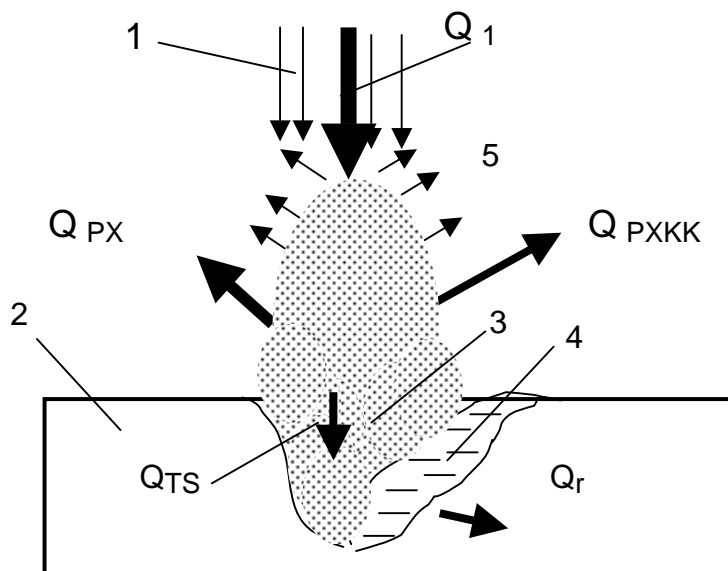
| Vật liệu | λ (µkm) | Au | Cr | Ag | Ni |
|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Ar | 0,488 | 0,415 | 0,437 | 0,952 | 0,579 |
| Rubin | 0,694 | 0,930 | 0,831 | 0,961 | 0,676 |
| YAR-Nd | 1,064 | 0,981 | 0,901 | 0,964 | 0,741 |
| CO ₂ | 10,60 | 0,975 | 0,984 | 0,989 | 0,942 |

Giá trị nhiệt tới hạn của một số chất mà không xảy ra sự phá huỷ bề mặt :

Bảng 4-4 [6]

| Vật liệu | Ag | Al | Au | Cr | Cu | Fe | Mg | Ferit |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|-------|
|----------|----|----|----|----|----|----|----|-------|

| | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|-----|------|-----|-----|----|
| E^* | 6400 | 2400 | 3500 | 220 | 2600 | 300 | 970 | 40 |
| KW/cm ² | | | | | | | | |



Hình 4-12 Sơ đồ phân bố năng lượng khi gia công kim loại

1 - Chùm tia laser; 2 - Vật liệu kim loại;

3 - Vùng bị chùm tia tác động và tạo nên lỗ;

4 - Kim loại nóng chảy;

5 - Chùm tia PLASMA phản xạ khi gia công;

Q_l - năng lượng chùm tia LASER;

Q_{px} - Năng lượng phản xạ;

Q_{pxkk} - Năng lượng phản xạ vào không khí;

Q_{bt} - Năng lượng mất mát do kim loại bắn toé;

Q_{ts} - Năng lượng truyền vào sâu kim loại;

Q_r - Năng lượng tiêu tốn trên bề mặt rãnh sâu trong kim loại;

Nếu mật độ nhiệt vượt quá giá trị tới hạn thì vật liệu sẽ xảy ra quá trình phá huỷ bề mặt.

Khái niệm phá huỷ bề mặt là khái niệm để hiểu có tính tương đối. Bởi vì mọi tác dụng của nguồn nhiệt lên kim loại sẽ gây các quá trình vật lý, liên quan với quá trình khuếch tán, hay sự kết hợp làm cho cấu trúc bị biến đổi.

Phá huỷ kim loại với sự di chuyển một phần thể tích kim loại do sự bốc hơi.

Phá huỷ bề mặt kim loại vùng cắt để có thể tạo nên những vết lõm, lỗ do pha kim loại nóng chảy bị chèn đẩy dưới áp lực của hơi kim loại hay các tác dụng khác. Đối với kim loại dòn, dưới các tác dụng trên có thể tạo nên những vết nứt (P 242 -G)

Mô hình các quá trình hình thành các vết lõm hay tạo lỗ có thể thể hiện như sau :

Theo Lý thuyết phá huỷ nhiệt

Các nghiên cứu về sự phá huỷ kim loại được đề cập đối với khoảng mật độ nhiệt $10^6 - 10^9 \text{ W/cm}^2$.

Theo các lý thuyết về phá huỷ bề mặt kim loại và di chuyển các lớp kim loại đều do sự bay hơi bề mặt.

Vận tốc lớp bay hơi [8] :

$$V = \frac{q_0}{\rho \cdot (L_B + 2,2 \frac{KT^*}{m})}$$

L_B - Nhiệt hoá hơi

R_0 - Hằng số phân tử khí

$$R = 8,3145 \text{ J/}^\circ\text{K} \quad (\text{trang 25})$$

Q_0 - Mật độ nhiệt chùm tia bức xạ

K - Hằng số Bosman

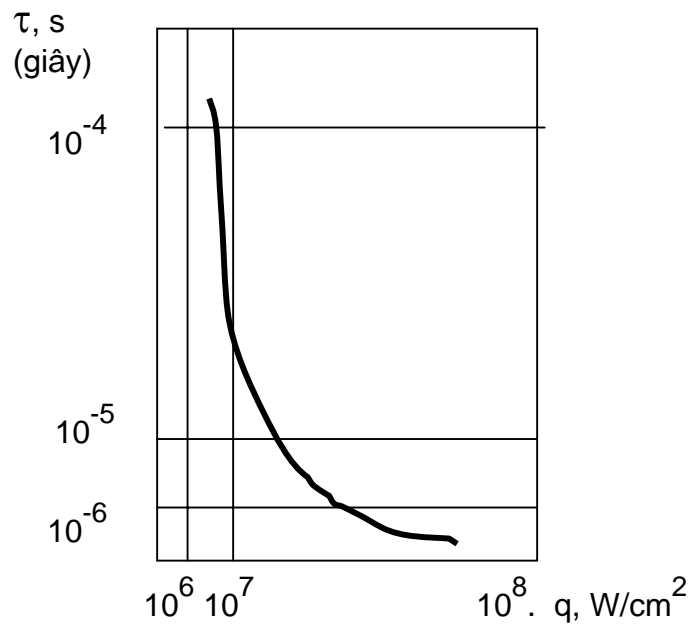
$$K = 1,380658 \cdot 10^{-23} \text{ J/(mol} \cdot ^\circ\text{K)}$$

Lý thuyết khí động học bay hơi [8]

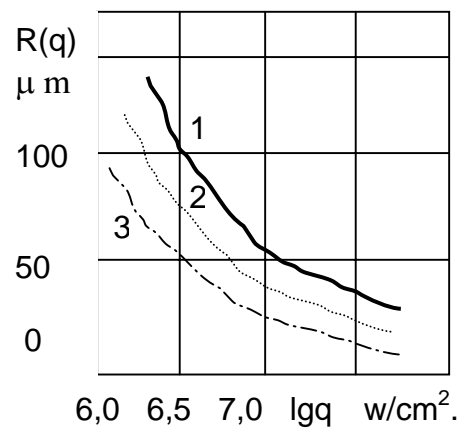
Theo lý thuyết này thì quá trình phá huỷ vật liệu xảy ra nhờ hệ thống các phương trình khí động học đối với mật độ dòng vượt quá giá trị tới hạn bốc hơi. (Mật độ nguồn nhiệt phải lớn hơn $q_0 \geq 10^6 \text{ w/cm}^2$).

Thuyết bay hơi khối [8]

Sơ đồ phụ thuộc thời gian tồn tại mầm bọt khí trong kim loại lỏng và mật độ nguồn nhiệt :



Hình : 4-13 Sự phụ thuộc thời gian mầm bọt khí trong kim loại lỏng [8]



Hình 4-14 Sự phụ thuộc giữa bán kính mầm bọt khí và mật độ nhiệt
 khi gia công Cu) [8]

$$1 - \Delta T = 1 \text{ } ^\circ\text{C} \qquad 2 - \Delta T = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} \qquad 3 - \Delta T = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tăng mật độ công suất nhiệt và làm giảm thời gian xung làm giảm lớp kim loại lỏng có thể đạt trạng thái bốc hơi.

Trên đồ thị trên có thể thấy mật độ nhiệt vào khoảng 10^8 w/cm^2 .và thời gian sẽ vào khoảng 10^{-7} sec .

Tăng nhiệt độ quá nhiệt lớp kim loại lỏng sẽ làm tăng không chỉ sự phát triển mầm bọt khí và có thể làm bắn toé lớp chất lỏng một cách mãnh liệt mà còn làm tăng những xung áp lực ứng với các pik của các xung bức xạ.

Với $q_0 \approx 10^6 \text{ w/cm}^2$

thì $\delta \approx 10^{-2} - 10^{-3} \text{ cm}$ (δ - chiều dày lớp chất lỏng)

Với sự bốc hơi nhanh có thể làm cho nhiệt độ bề mặt giảm xuống một cách đột biến, dẫn đến áp lực phản lực cũng giảm mạnh , tạo điều kiện cho một vài vị trí nào đó có nhiệt độ cao xuyên sâu vào kim loại và tạo nên sự bùng nổ kim loại do nhiệt. Lớp kim loại sẽ bị tống ra mãnh liệt khi nhiệt độ đạt giá trị tới hạn.

Phá huỷ bề mặt ở đây có thể hiểu : là giá trị nguồn nhiệt để nhiệt độ bề mặt kim loại đã đạt đến giá trị T_{nc} hay T_{bh} sôi (để bốc hơi) ở áp suất bình thường.

Để đạt được nhiệt độ nóng chảy T_{nc} ta cố thể tính theo mô hình nung nóng vật bán vô cùng với nguồn nhiệt có cường độ không đổi.

Nguồn nhiệt cần để đạt được nhiệt độ nóng chảy T_{nc} theo [6] là :

$$q_c^{(1)} = \frac{0,885.T_{nc}.\lambda}{(a.\tau_i)^{1/2}}$$

Thời gian để đạt được nhiệt độ nóng chảy T_{nc} là :

$$\tau_m = \frac{0,79.T_{nc}^2 \lambda^2}{q_o^2 . a}$$

Bảng 4-5 giá trị mật độ nhiệt tới hạn của một số chất q⁽¹⁾ [8]

| Tên kim loại | λ | a | T _{nc} | τ_i | q _c ⁽¹⁾ |
|--------------|-----------|--------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| Đơn vị | w/(cm.°c) | cm ² /s | °C | s | w/cm ² |
| Cu | 3,89 | 1,12 | 1083 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 1,1.10 ⁴ 3,5.10 ⁷ |
| Thép | 0,51 | 0,15 | 1535 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 3,5.10 ³ 1,8.10 ⁵ |
| Ni | 0,67 | 0,18 | 1453 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 6,5.10 ³ 2,0.10 ⁵ |
| Ti | 0,15 | 0,06 | 1800 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 3,0.10 ⁴ 1,0.10 ⁵ |
| W | 1,69 | 0,65 | 3380 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 2,0.10 ⁴ 6,2.10 ⁵ |
| Mo | 1,41 | 0,55 | 2600 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 1,3.10 ³ 4,4.10 ⁵ |
| Cr | 0,70 | 0,22 | 1830 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 7,7.10 ³ 2,7.10 ⁵ |
| Al | 2,09 | 0,87 | 660 | 10 ⁻³ 10 ⁻⁸ | 4,2.10 ³ 1,3.10 ⁵ |

Nguồn nhiệt cần để đạt được nhiệt độ sôi T_B theo [8] là :

$$q_c^{(2)} = \frac{0,885.T_B \lambda}{(a.\tau_i)^{1/2}}$$

T_B - Nhiệt độ sôi τ_i - Thời gian một xung;

q_c⁽²⁾ - mật độ công suất nhiệt tới hạn để đạt nhiệt độ sôi ;

Nguồn nhiệt cần để đạt được nhiệt độ bay hơi T_{BH} theo [6] là :

$$q_c^{(3)} = \rho.L. (a/\tau_i)^{1/2}$$

Bảng 4-6 Mật độ nhiệt tới hạn $q^{(3)}$ [8],

| Tên kim loại | $\rho.L$ | a | τ_i | $q_c^{(3)}$ |
|--------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
| Đơn vị | KJ/cm ³ | cm ² /s | S | w/cm ² |
| Cu | 42,88 | 1,12 | 10^{-3} 10^{-8} | $1,4.10^6$ $4,6.10^8$ |
| Thép | 54,76 | 0,15 | 10^{-3} 10^{-8} | $6,7.10^5$ $2,1.10^8$ |
| Ni | 55,3 | 0,18 | 10^{-3} 10^{-8} | $7,5.10^5$ $2,4.10^8$ |
| Ti | 44,27 | 0,06 | 10^{-3} 10^{-8} | $3,4.10^5$ $1,1.10^8$ |
| W | 95,43 | 0,65 | 10^{-3} 10^{-8} | $2,4.10^6$ $7,7.10^8$ |
| Mo | 69,05 | 0,55 | 10^{-3} 10^{-8} | $1,6.10^6$ $5,1.10^8$ |
| Cr | 54,17 | 0,22 | 10^{-3} 10^{-8} | $8,4.10^5$ $2,5.10^8$ |
| Al | 28,09 | 0,87 | 10^{-3} 10^{-8} | $8,6.10^5$ $2,7.10^8$ |

Mật độ nhiệt $q_c^{(3)}$ càng cao thì L và a càng cao và thời gian xung càng nhỏ.

Đối với phần lớn kim loại thoả mãn bất đẳng thức :

$$q_c^{(1)} < q_c^{(2)} < q_c^{(3)} \text{ hay } (q_c^{(nc)} < q_c^{(sôi)} < q_c^{(bay\ hơi)})$$

Trong công nghiệp các thiết bị laser để gia công cắt hay khoan khoét lỗ : chân kính đồng hồ, khuôn kéo từ kim cương, hay các kim loại cứng và đòi hỏi độ chính xác gia công.

Đối với vật liệu phi kim loại :

Với mật độ nhiệt $q > q_c^{(2)}$ thì vật liệu sẽ nóng chảy hoặc bay hơi.

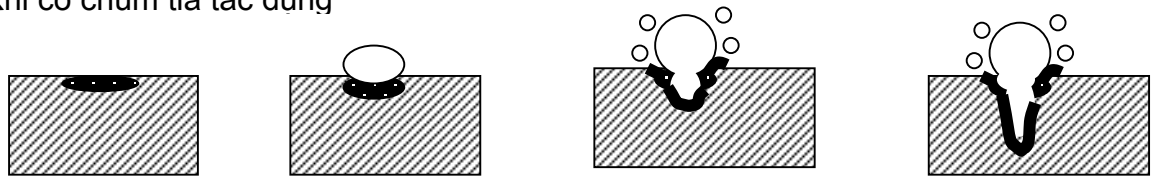
Khi gia công, nhiệt độ trên bề mặt T^* phải thoả mãn :

$$T^* > T_{nc}; \quad T^* > T_{s\ddot{o}i}.$$

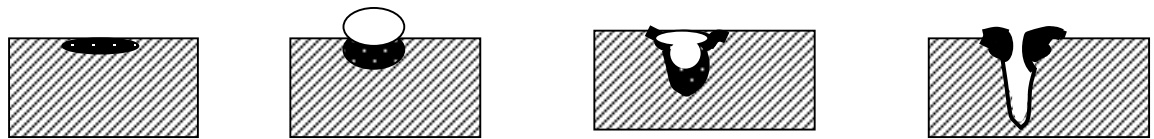
Khi gia công một phần kim loại lỏng sẽ bị đẩy khỏi vệt nung nóng chảy dưới áp lực hơi trong vùng gia công. Một phần lớn vẫn bám lại thành lỗ và kết tinh trên thành và dưới đáy sau tác dụng của xung. Điều này xảy ra do mật độ nhiệt bị phân tán khi chùm tia đi sâu vào trong kim loại. Kết quả làm giảm tốc độ bay hơi.

4.7.2 Sơ đồ quá trình hình thành lỗ khi gia công

Khi có chùm tia tác dụng



Sau khi chùm tia thôi tác dụng

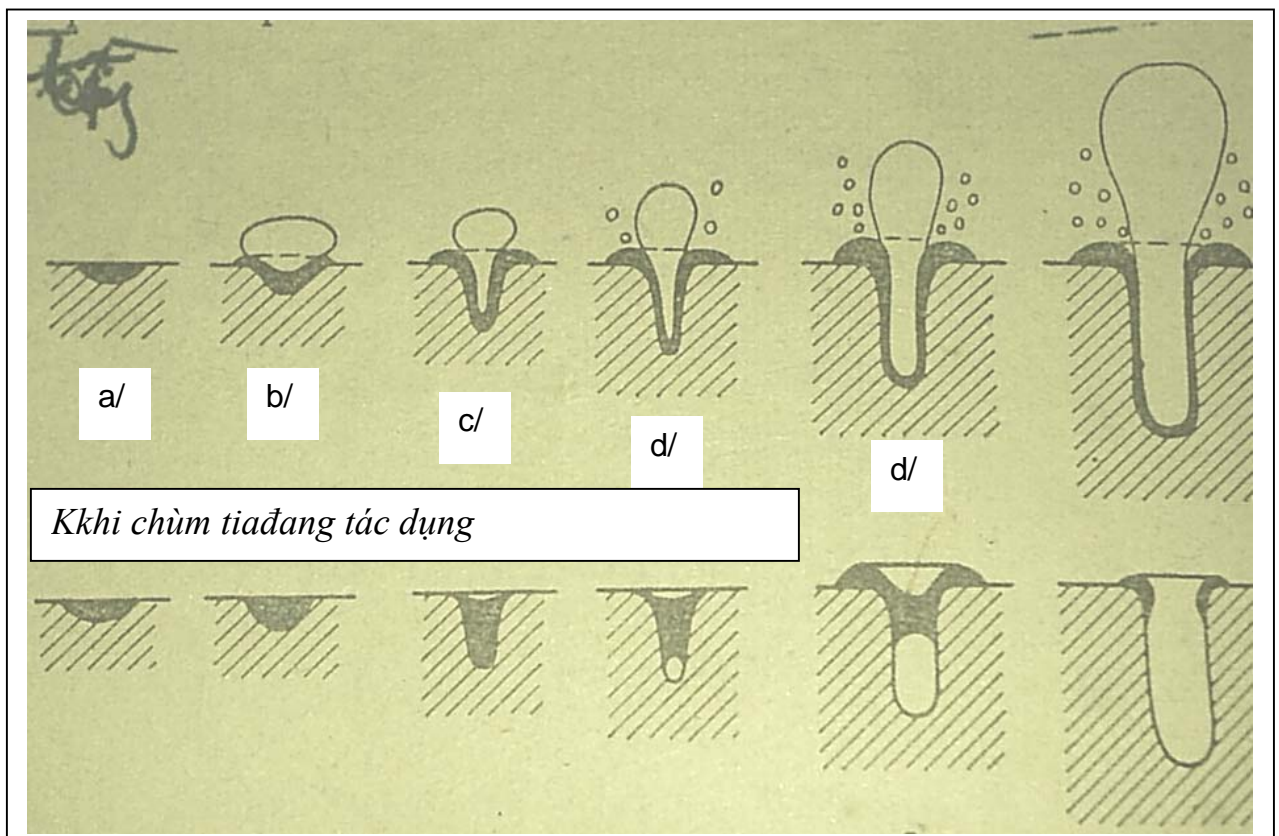


a/

b/

c/

d/



Sau khi thôi tác dụng của chùm tia

Hình 4-15 Sơ đồ hình thành lỗ khi gia công [5], [8]

a/ Khi $q_0 < q_{\min}$ Thì chỉ làm nóng chảy bề mặt kim loại. Đây là quá trình không có ảnh hưởng lớn đến quá trình gia công lỗ hay cắt.

Khi $q_0 \geq q_{\min}$. Bắt đầu quá trình bay hơi. Dưới áp lực hơi bề mặt kim loại lỏng bắt đầu võng xuống. Mật độ nguồn nhiệt càng lớn thì vết lõm càng tăng, sự bay hơi tăng mạnh, tạo nên áp lực lớn để chèn, ép kim loại ra khỏi vùng tác dụng thẳng hướng của chùm tia. Chuyển động của lớp kim loại lỏng này xảy ra một cách từ từ.

b/ Kim loại lỏng còn liên kết với nhau do sức căng bề mặt.

Khi tăng mật độ thì dòng kim loại lỏng bắt đầu chảy rời. một phần giọt kim loại lỏng sẽ bị tách ra khỏi liên kết trên, chuyển động theo dọc thành lỗ kim loại và kết quả là tạo nên khoảng trống trong kim loại.

c/ Với mật độ khoảng $10^6 - 10^7 \text{ w/cm}^2$ kim loại lỏng không đẩy ra hết nên cuối cùng vẫn bị kết tinh lại một lớp trên bề mặt. Thời gian một xung ở đây là $\sim 10^{-3}$ sec với chiều dày kim loại gia công là 0,3 mm.

d/ Khi mật độ nhiệt tăng cao $q \approx 5 \cdot 10^7 \text{ w/cm}^2$, tốc độ dòng kim loại lỏng chảy rời tăng lên mãnh liệt và hình thành các tia kim loại lỏng bắn ra ngoài và hình thành lỗ hình.

Kết quả nghiên cứu cho thấy :

$$S = 0,3 \quad \text{mm} \quad \tau = 10^{-5} \quad \text{sec} \quad r_f = 180 - 200 \quad \mu\text{m}$$

Bán kính tiêu điểm của chùm tia

thì $d = 10^{-3} \text{ cm}$ (d - Đường kính lỗ gia công)

Nếu tính thời gian bốc hơi theo thuyết lớp đẳng hướng dừng thì :

$$S = 0,3 \quad \text{mm} \quad \tau_0 = h/v_0 \quad \delta - \text{Chiều dày tấm kim loại;}$$

v_0 - Tốc độ phá huỷ vật liệu; cm/sec

$$V_o = \frac{q_o}{\rho.L_B}$$

$$h = 0,3 \quad \text{mm} \quad v_o = 10^2 \quad \text{cm/sec}$$

$$q_o = 10^6 - 10^7 \quad \text{w/cm}^2. \text{Thì : } \tau_o = 3.10^{-4} \quad \text{sec}$$

Vì không tính đến điều kiện ảnh hưởng thực nên khi phá huỷ kim loại thời gian thực tế sẽ ít hơn so với tính toán.

Từ điều kiện cân bằng giọt kim loại lỏng trong rãnh để tạo nên lỗ ta có bán kính lỗ sẽ là :

$$R = -\frac{3p}{4\rho g} + \sqrt{\frac{9p^2}{16\rho g} + \frac{3\sigma}{\rho g}}. \quad (\text{cm})$$

P - áp lực do phản lực của hơi của kim loại gây ra (KG/cm²) ;

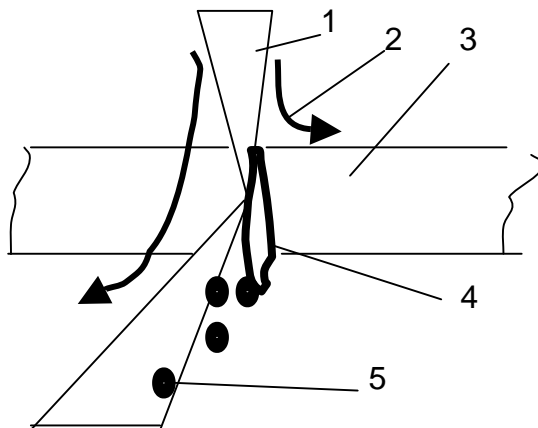
Với $\rho = 10 \text{ gam/cm}^3$;

Sức căng bề mặt $\sigma = 1.10^3 \text{ Din/cm}^2$

(1Din = 10⁻⁵ Niuton)

Thì $R = 10^{-3} \text{ cm}$

4.7.3 Sơ đồ hình thành mép cắt



Hình 4-16 Sơ đồ hình thành và dịch chuyển mép cắt [13]

- 1- Chùm tia laser
- 2- Khí cắt
- 3- Vật cắt
- 4- Kim loại nóng chảy
- 5- Xỉ cắt

4.8 Chế độ cắt một số vật liệu

Bảng 4-7 Chế độ cắt vật liệu phi kim loại bằng laser - CO₂ [6]

| Số TT | Tên vật liệu | Chiều dày cắt mm | Công suất W | Vận tốc mm/s |
|-------|---------------|---------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Cao su | 2.0 | 100 | 31.7 |
| 2 | Kác tôn | 19.4 | 200 | 1.6 |
| 3 | Nilon | 0.76 | 200 | 101.6 |
| 4 | Da | 3.2 | 200 | 10.5 |
| 5 | Thạch anh | 32 | 500 | 12.3 |
| 6 | Acbo-miăng | 10 | 500 | 0.83 |
| 7 | Sợi | 0.45 | 500 | 666.6 |
| 8 | Vải thủy tinh | 5.0 | 800 | 12.5 |
| 9 | Pha nhe ra | 6.4 | 850 | 90.1 |
| 10 | Ke ra mic | 65 | 850 | 10.0 |
| 11 | Plek xi lác | 10 | 900 | 58.3 |
| 12 | Sợi thủy tinh | 8 | 2500 | 16.6 |

| | | | | |
|----|-----------|----|------|------|
| 13 | Thủy tinh | 32 | 5000 | 76.1 |
|----|-----------|----|------|------|

Chương 5 NHỮNG NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH GIA CÔNG

Nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng gia công cắt và đục lỗ bằng laser và chất lượng sản phẩm bao gồm nhiều yếu tố khác nhau. Tuy nhiên có thể phân thành hai nhóm chính : ảnh hưởng của thiết bị cắt và ảnh hưởng của công nghệ cắt.

5.1 Ảnh hưởng của các thông số thiết bị cắt :

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cắt do các thông số của thiết bị gây nên bao gồm: ảnh hưởng loại máy phát , thiết bị điều khiển và các thiết bị hỗ trợ khác...

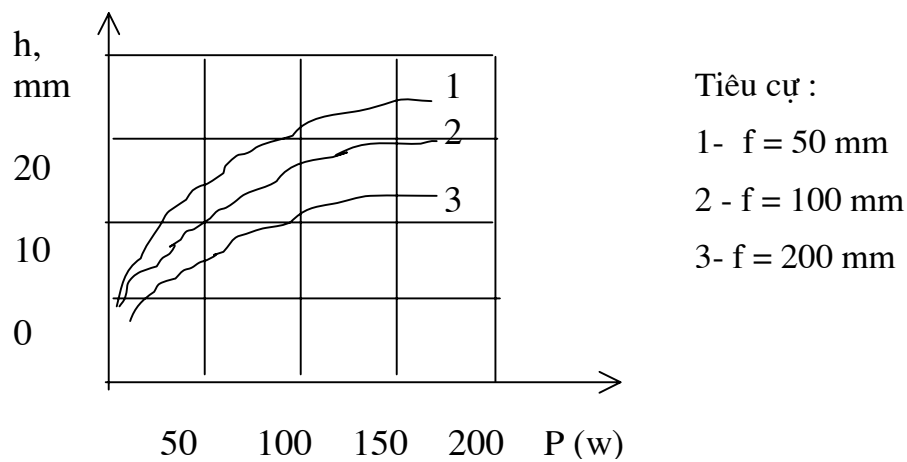
Đối với thiết bị , do máy phát laser có nhiều loại (rắn, lỏng, khí , hỗn hợp...) và ứng với mỗi loại các đặc tính của máy lại khác nhau như bước sóng, tần số , cường độ xung , dạng xung....Các yếu tố này ảnh hưởng đến chất lượng cắt cũng như độ chính xác của vật cắt .

Tùy thuộc vào công suất của máy phát các nhà công nghệ cần phải chọn cho phù hợp với loại vật liệu cần cắt . Trên bảng 5-1 dẫn ra mối quan hệ giữa năng lượng riêng khi cắt với một số vật liệu phi kim .

Bảng 5-1 [6]

| Vật liệu | Năng lượng cắt riêng KJ/g |
|---------------------|------------------------------|
| Composite | 80 |
| Téctolit | 50 |
| Tectolit thủy tinh | 47 |
| Thủy tinh thạch anh | 45 |
| Thủy tinh thường | 31 |
| Amiant tấm | 20 |
| Nhựa | 2,0 |
| Các ton | 0,2 |

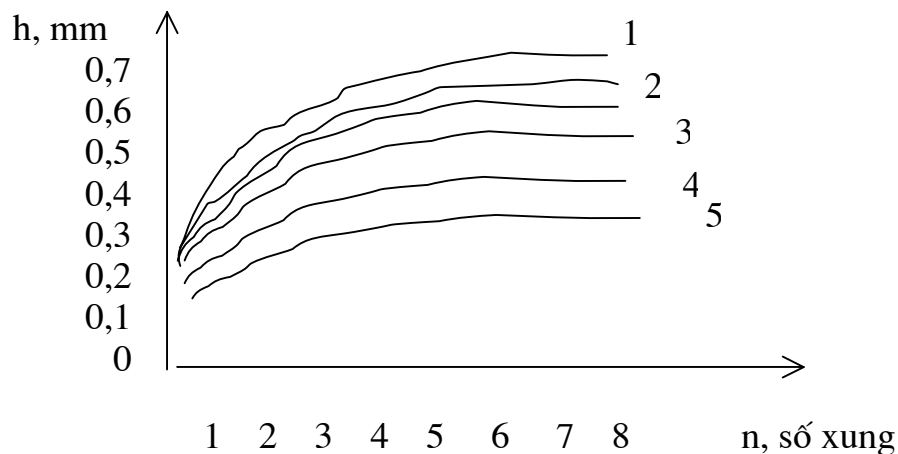
Ngoài ra hình dạng và kích thước vật gia công phụ thuộc vào công suất máy phát . Trên hình 5-1 biểu diễn sự phụ thuộc giữa công suất máy phát và chiều sâu xuyên thấu của lỗ.



Hình 5-1 Ảnh hưởng của công suất máy phát đến chiều sâu lỗ cắt [5] . [6]

Khi công suất máy phát tăng lên khả năng cắt được vật liệu càng dày hơn . Mặt khác khi tiêu cự của thấu kính thay đổi cũng làm thay đổi chiều dày cắt được.

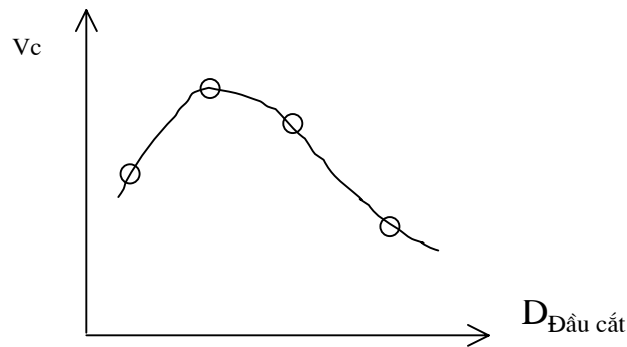
Trong quá trình khoan lỗ, chiều sâu của lỗ chịu ảnh hưởng nhiều số lượng xung trong những thời gian khác nhau . Trên hình 6-2 hình dạng đường cong của đồ thị thể hiện chiều sâu của lỗ cắt tăng lên khi số lượng xung càng tăng, nhưng đến một số lượng xung nào đó thì khả năng tăng đường kính lỗ không đáng kể nữa .



Hình 5-2 Sự phụ thuộc giữa độ sâu lỗ với số xung [5]

Vật liệu ferit, chiều dày 0,8 mm, năng lượng 1 xung là :

1 - 0,2 Jun; 2- 0,25 Jun; 3-0,35 Jun; 4-0,4 Jun; 5- 0,5 Jun



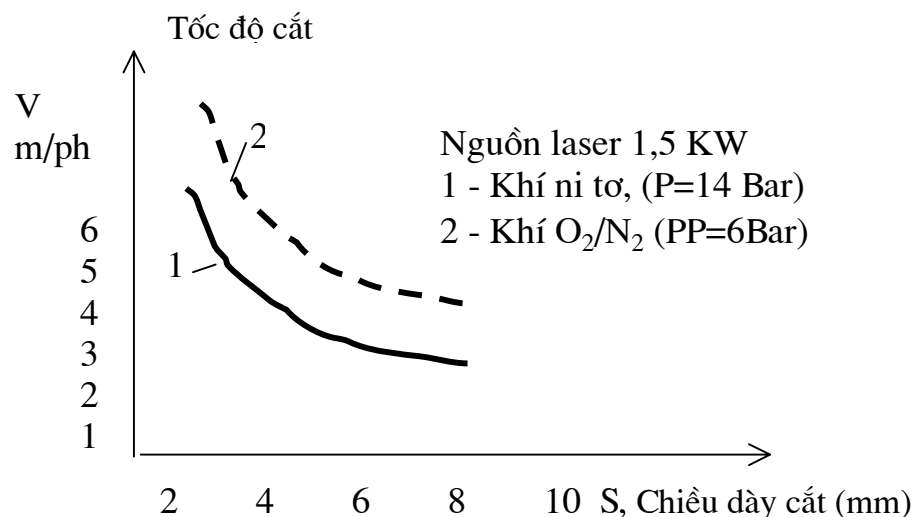
Hình 5-3 Sự phụ thuộc đường kính đầu mở cắt và vận tốc cắt [6]

Ngoài ra độ chính xác gia công còn phụ thuộc vào các thiết bị điều khiển. Việc điều khiển quá trình cắt bằng các máy CNC sẽ cho phép đạt được độ chính xác sản phẩm cắt và chất lượng vật cắt cao cũng như tăng năng suất quá trình cắt .

5.2 Ảnh hưởng của công nghệ cắt :

Các thông số của quá trình công nghệ ảnh hưởng nhiều đến hình dạng chiều sâu cắt cũng như chất lượng của vật gia công .Các yếu tố ảnh hưởng của công nghệ bao gồm tốc độ cắt , vị trí của tiêu cự, áp suất dòng khí thổi ...

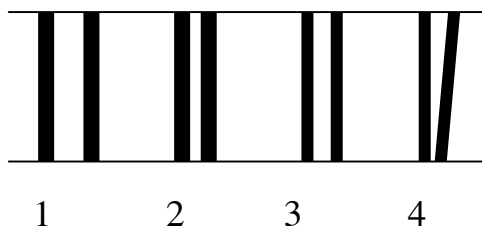
Tốc độ cắt có quan hệ mật thiết với khả năng cắt chiều sâu cũng như hình dạng tiết diện ngang lỗ cắt. Tốc độ cắt càng cao thì chiều dày cắt càng giảm Trên hình 6-4 dẫn ra đồ thị biểu diễn quan hệ giữa chiều sâu cắt đến chiều dày của vật cắt .



Hình 5-4 Sự phụ thuộc của tốc độ cắt vào chiều dày vật cắt [17].

-Vật liệu cắt :thép cacbon A42 - Công suất nguồn 1,5 Kw- Đường kính đầu cắt laser 1,8mm - Áp suất dòng khí hỗ trợ cắt 2bar (cách bề mặt 2mm)

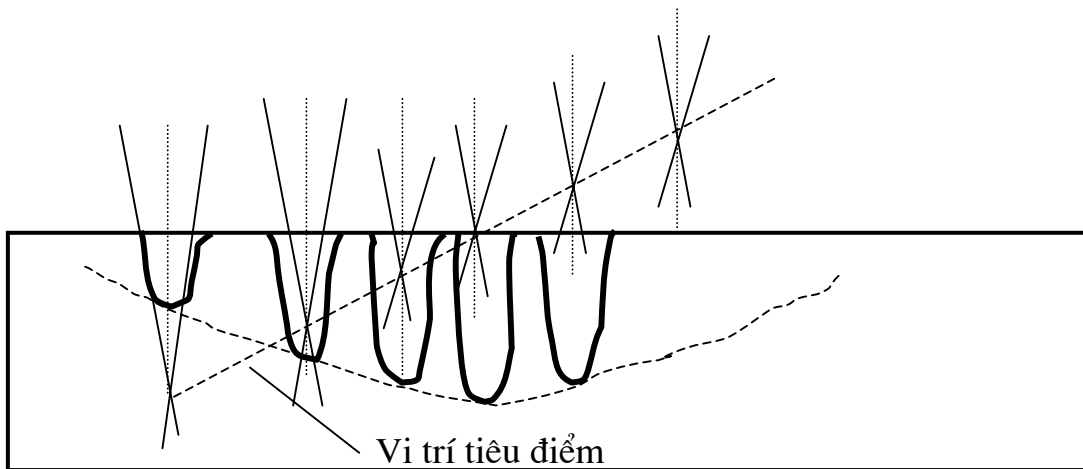
Tuy nhiên có một điều thú vị là khi tốc độ cắt càng cao thì chiều rộng rãnh cắt nhận được càng hẹp hơn . Nguyên nhân này được giải thích do sự truyền nhiệt ra xung quanh vùng cắt giảm đi . Trên hình 6-5 dẫn ra các rãnh cắt khác nhau khi sử dụng các tốc độ cắt khác nhau để cắt thủy tinh tectolit dày 5mm , P = 2 kw .



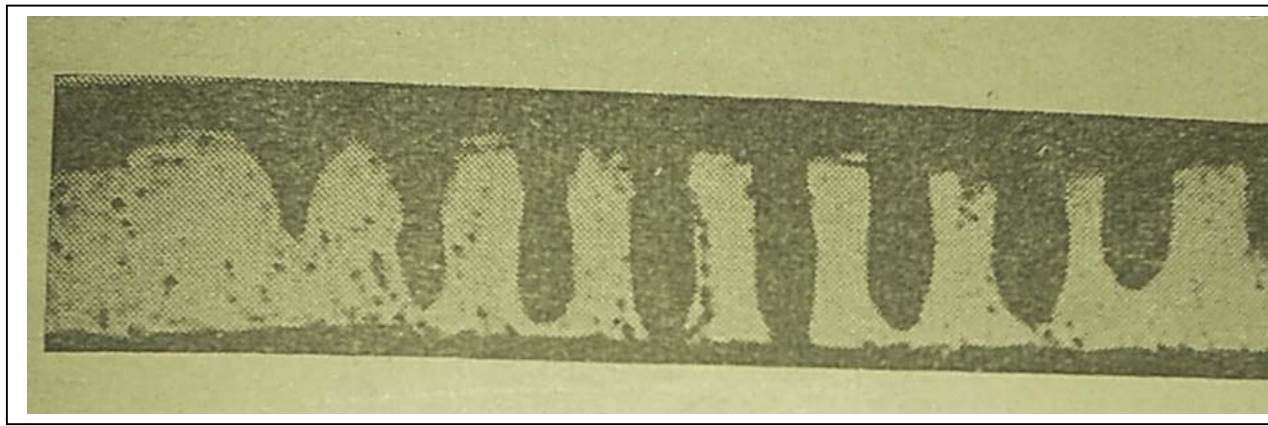
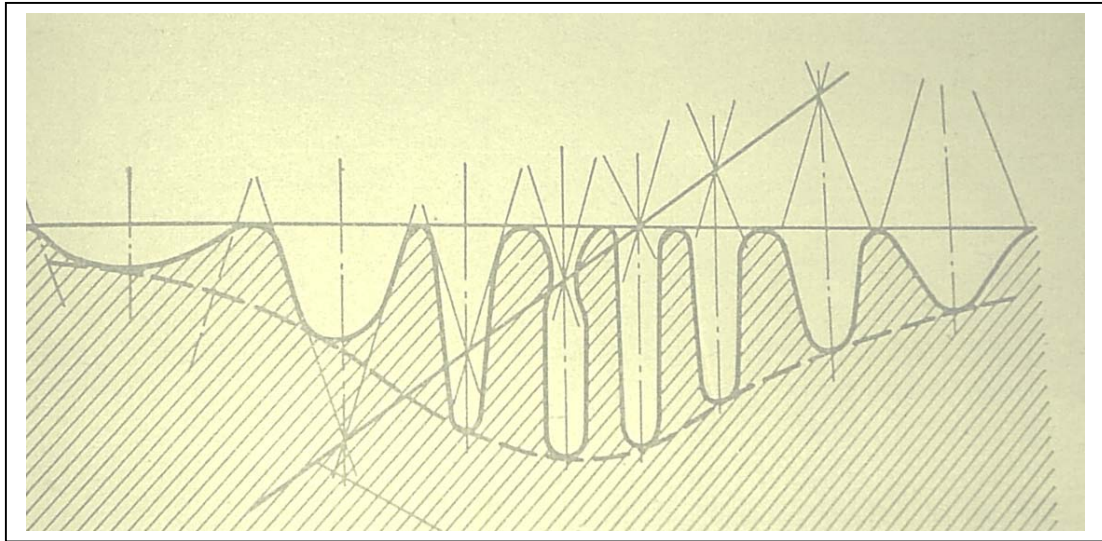
- 1 - Tốc độ cắt 6,6m/ph
 - 2 - Tốc độ cắt 16,6 m/ph
 - 3 - Tốc độ cắt 25 m/ph
 - 4 - Tốc độ cắt 33 m/ph
- $V_1 < V_2 < V_3 < V_4$.

Hình 5-5 : Phụ thuộc tiết diện rãnh cắt vào tốc độ cắt [6]

Vị trí tiêu điểm của chùm tia laser so với bề mặt vật gia công lỗ ảnh hưởng rất đáng kể đến hình dáng lỗ khoan cũng như chiều sâu lỗ . Trên hình 6-6 dẫn ra sự thay đổi vị trí tiêu điểm của chùm tia laser so với bề mặt ngang của vật gia công . Rõ ràng là khi tiêu điểm của chùm tia nằm đúng trên bề mặt trên của vật gia công thì hình dáng của lỗ khoan theo chiều sâu đều đặn hơn và chiều sâu của lỗ đạt được hợp lý nhất .



Hình 5-6 : Phụ thuộc hình dạng của lỗ gia công và chiều sâu của lỗ vào vị trí đặt tiêu điểm của chùm laser [4]



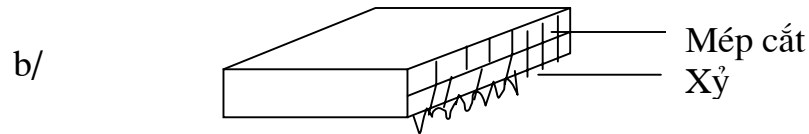
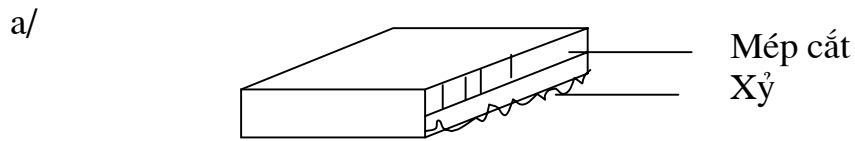
Hình 5-6 : Phụ thuộc hình dạng của lỗ gia công và chiều sâu của lỗ vào vị trí đặt tiêu điểm của chùm laser [4

] a/ Mô tả hình học, b/ Ảnh trên mẫu kim tương của mẫu thí nghiệm

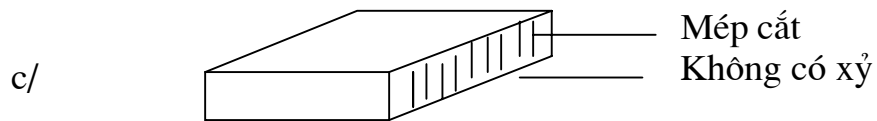
Ngoài ra bề mặt mép cắt đạt được chất lượng cao hay không còn phụ thuộc vào công nghệ cắt có sử dụng dòng áp lực khí thổi hỗ trợ hay không cũng như hướng dịch chuyển chùm tia laser trong khi cắt ?

Trên hình 5-7 (a, b, c) là mô hình cắt có xỉ và không có xỉ cắt ở mép rãnh cắt khi sử dụng chùm laser cắt có sử dụng nguồn khí thổi. Khi hướng dịch chuyển của đầu cắt dao động qua lại trong quá trình cắt theo cả hai phương x và y thì sản phẩm cắt sẽ nhẵn hơn (H5-7b) [11]

a/ Khi cắt theo đường thẳng



b/ Quá trình cắt có chuyển động ngang thì mép cắt nhẵn hơn

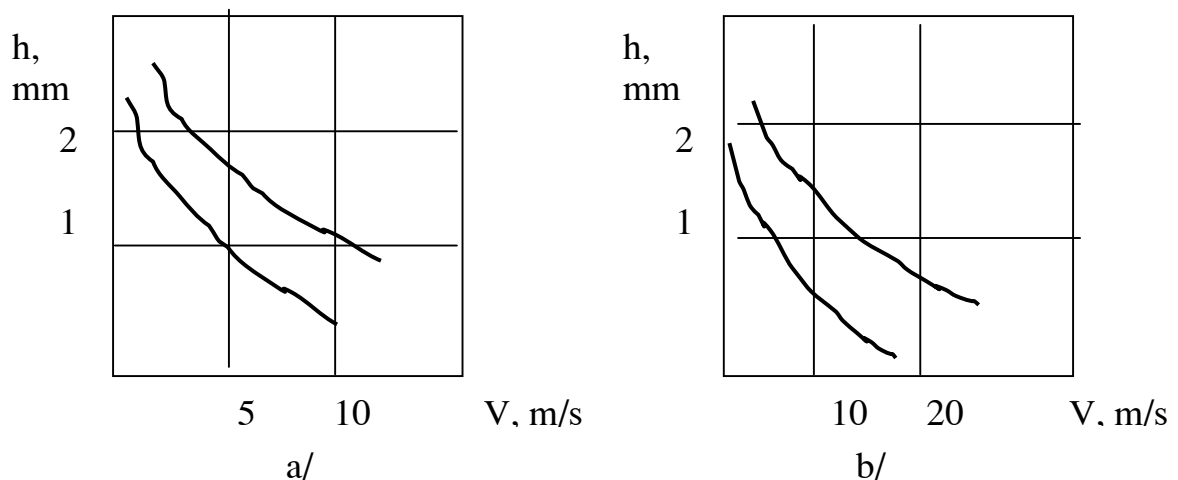


c/ Khi cắt Có sử dụng khí để thổi

Hình 5-7 Một số dạng mép cắt khi có sử dụng khí thổi [11]

Ngay cả loại khí dùng trong quá trình thổi cắt cũng ảnh hưởng đến chiều dày cắt và tốc độ cắt cực đại.

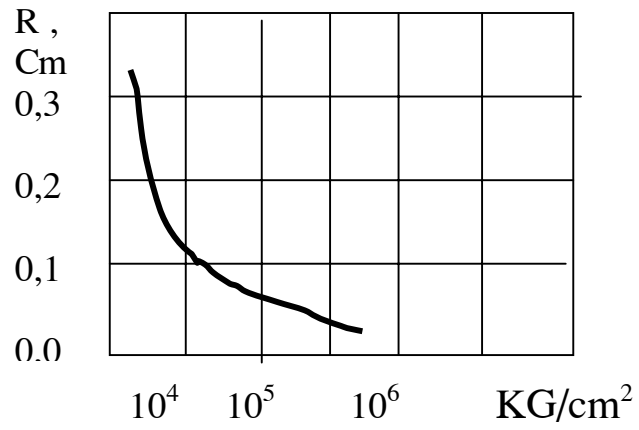
Sự phụ thuộc giữa vận tốc gia công, chất lượng bề mặt kim loại, và chiều sâu vùng chàm tia laser tác dụng.



Hình 5-8 Sự phụ thuộc vào trạng thành phần lớp sơn phủ trên bề mặt thép 45 đánh bóng.

a - Khi $V \leq 6$ m/s [6]

b - Khi $V > 6$ m/s



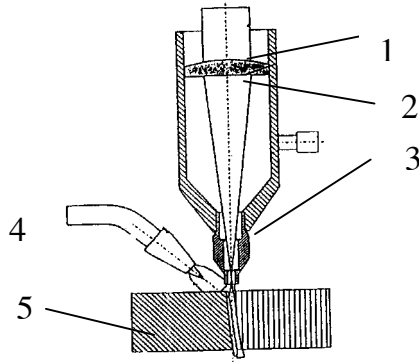
Hình 5-9 Sự phụ thuộc bán kính lỗ vào áp lực phản lực của hơi [8]

Để giảm tiêu hao nguồn nhiệt người ta sử dụng dòng khí hỗ trợ nhằm đẩy các sản phẩm cháy ra khỏi rãnh cắt dưới tác dụng của động lực học dòng khí vượt quá giới hạn sức căng bề mặt của các giọt kim loại lỏng.

Chương 6 MỘT SỐ ỨNG DỤNG KHÁC CỦA LASER

Như trên đã trình bày, laser có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là cắt các loại vật liệu như đã trình bày ở trên. Cắt vật liệu có thể là cắt phôi (đường bao không khép kín và cắt hình (theo đường bao khép kín). Ngoài ra còn có thể cắt phôi theo các sơ đồ như sau:

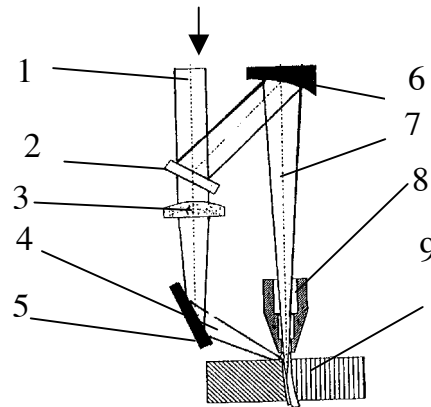
6.1 Sơ đồ nguyên lý cắt phôi có kết hợp nung nóng [12].



Hình 6-1 Sơ đồ nguyên lý cắt laser có kết hợp nung sơ bộ bằng ngọn lửa

ôxy - axetylen (page 14, Souder-1996, Septembre N° 5).

1 Chùm tia laser 2- Thấu kính hội tụ; 3- Đầu cắt;
4- Mỏ nung; 5- Vật cắt



Hình 6-2 Sơ đồ nguyên lý cắt laser có kết hợp nung sơ bộ bằng chùm tia laser

1 - Chùm tia laser 2- Bộ tách chùm tia laser; 3- Thấu kính hội tụ;
4- Chùm tia laser nung sơ bộ 5- gương 6- Gương hội tụ
7- Chùm tia laser cắt 8- Đầu cắt; 9- Vật cắt

6.2 GIA CÔNG CẮT CÁC LOẠI VẬT LIỆU KIM LOẠI

Cắt bằng chùm tia laser được ứng dụng rất rộng rãi. Đặc biệt từ khi người ta ứng dụng các phương pháp cắt có sử dụng khí hỗ trợ với áp suất phù hợp. Dòng khí cắt ở đây có 2 chức năng :

- Nung nóng vật liệu, oxy hoá kim loại vùng cắt, hạn chế khả năng phản xạ, tăng cường khả năng bắt lửa, đốt cháy kim loại,...
- Tách các sản phẩm ra khỏi vùng cắt và tạo nên rãnh cắt. Ngoài ra nó còn làm cho mép cắt sạch hơn, chất lượng mép cắt tốt hơn.

Tại viện nghiên cứu Franphước (Fraunhofer-[11] người ta đã dùng ngọn lửa oxy-axetylen kết hợp với laser CO₂ để cắt tấm kim loại dày trên 8 mm, cho phép tăng vận tốc cắt lên (30-50) %. Với các loại thép thông thường có thể cắt đến chiều dày 80mm với công suất nguồn laser 1,2 kw, áp suất 9,5 bar, vận tốc cắt 0,2 m/ph; chiều rộng mép cắt khoảng 45 µm.

Theo kết quả nghiên cứu của Trường tổng hợp Erlangen, CHLBĐức [16], khi cắt vật liệu X5CrNi18-9 bằng laser YAG (chế độ xung) như sau :

- | | | |
|--|--------------------|------|
| • Áp lực khí ni tơ cắt | 7.10 ⁵ | Pa |
| • Đường kính lỗ đầu cắt | 0,8 | mm |
| • Thời gianbuwcs xạ (1 xung) | 5.10 ⁻⁴ | giây |
| • Vị trí của tiêu điểm (trên bề mặt vật cắt) | 0,7-1,3 | mm |
| • Khoảng cách từ đầu cắt - vật cắt | 0,3 | mm |
| • Năng lượng 1 xung | 0,7-1,8 | J |
| • Tần số xung | 212-78 | Hz |
| • Chiều rộng mép cắt | 9,2 | µm. |

Vật liệu nhôm là một trong những vật liệu khó cắt bằng các phương pháp cắt có ngọn lửa vì nó tạo ra lớp Al₂O₃ có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ nóng chảy của Al, tính dẫn nhiệt cao làm mất mát nhiệt, gây khó khăn cho quá trình cắt. Cắt vật liệu nhôm bằng laser sẽ cho hiệu quả và chất lượng cao. Theo số liệu của

Trường tổng hợp Nagoya (Nhật Bản) có thể đạt hiệu quả khi cắt theo chế độ sau:

- Áp lực khí cắt 5.10^5 Pa
- Đường kính lỗ đầu cắt 2,0 mm
- Tiêu cự 125 mm
- Chiều rộng mép cắt 9,2 μ m.
- Tốc độ cắt (S= 1mm, VL Al5052) 3,2 m/ph
- Khí hỗ trợ Ar, N₂, O₂. Trong đó N₂ là tốt nhất

Khi cắt vật liệu hợp kim nhôm ma-nhê : Al99,5; Amg1; AlMgSi1 có lớp phủ anốt hoá loại đen, crôm hoá, phốt phát crôm, verni,... với chiều dày 2mm có chế độ cắt như sau:

- Áp lực khí cắt 5-15 Bar
- Đường kính vết chùm tia hội tụ 0,75 mm
- Tiêu cự 127 mm
- Khí hỗ trợ N₂, O₂.

Kết quả nghiên cứu choi thấy khi cắt nhôm không có lớp phủ (Al99,5) thì tốc độ cắt bằng laser CO₂ tăng lên 50% khi có sử dụng khí cắt là oxy.

Chế độ cắt vật liệu kim loại tham khảo ở bảng 6-1 [5]

Bảng 6-1

| Vật liệu cắt | Chiều dày cắt | Công suất nguồn P | Vận tốc cắt |
|---------------|---------------|-------------------|-------------|
| | Mm | W | Cm/s |
| Thép các bon | 8,0 | 400 | 1,5 |
| | 3,8 | | 3,0 |
| Thép inox | 8,0 | 850 | 0,6 |
| | 5,0 | | 1,2 |
| Titan | 3,8 | 250 | 4,2 |
| Hợp kim titan | 5,0 | 850 | 5,5 |
| Nhôm | 3,8 | 300 | 0,4 |
| Đồng | 0,6 | 300 | 2,5 |

Bảng 6-2 trình bày một số đặc tính của một số loại laser và phạm vi ứng dụng của chúng.

Bảng 6-2 [5]

| Loại vật liệu | Loại laser | Phạm vi ứng dụng | Ghi chú |
|---------------------|--|--|-------------------------|
| Kim loại và hợp kim | CO ₂ | Công nghiệp ô tô, đóng tàu, hàng không và xây dựng | Sử dụng khí oxy để thổi |
| VL Bán dẫn | YAG + Nd | Công nghiệp điện tử | |
| Màng kim loại | CO ₂ , YAG + Nd He+Ne+N ₂ . | Công nghiệp điện tử, Radio, các panel | |

6.3 GIA CÔNG CẮT CÁC LOẠI VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI

Khi cắt các vật liệu phi kim loại thường gặp nhiều khó khăn do vật liệu giòn, kém bền (gốm sứ, thủy tinh,...); một số vật liệu dễ bị cháy, dễ bị phân hủy,... Vật liệu phi kim loại có loại nóng chảy, có loại bay hơi, có loại bị phân hủy dưới tác dụng của chùm tia laser. Loại này còn chia ra các nhóm: vật liệu hữu cơ, chất dẻo, gỗ, vải, giấy,... Sử dụng khí để cắt trong trường hợp này không có ý nghĩa quan trọng mà chủ yếu là sử dụng không khí thường để thổi các sản phẩm cắt ra khỏi mép cắt.

Khả năng của một số hợp chất khí tác dụng đến chiều dày cắt được dẫn ra ở bảng 6-3

Bảng 6.3 [5]

| Khí thổi Với P = Const | He | N ₂ | O ₂ | Không khí | Ar | CO ₂ | 75% Ar 25% H ₂ |
|---------------------------|------|----------------|----------------|-----------|------|-----------------|------------------------------|
| Chiều sâu Cắt mm | 23,5 | 24 | 22,5 | 24,5 | 25,5 | 22,0 | 23,0 |

Trên bảng 6-4 dẫn ra một số chế độ cắt vật liệu phi kim loại bằng laser

Bảng 6-4 [5]

| Vật liệu cắt | Chiều dày cắt (mm) | Công suất nguồn P (w) | Vận tốc cắt (cm/s) |
|--------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Thủy tinh | 3,8 | 300 | 0,4 |
| Ke ra mic | 6,3 | 850 | 1,0 |
| Gỗ cứng | 5,0 | 850 | 7,5 |
| Gỗ mềm | 14,0 | 850 | 2,5 |

Bảng 6-5 [5];[6]

| Số TT | Tên vật liệu | Chiều dày cắt | Công suất | Vận tốc mm/s |
|-------|---------------|---------------|-----------|--------------|
| 1 | Cao su | 2.0 | 100 | 31.7 |
| 2 | Kacton | 19.4 | 200 | 1.6 |
| 3 | Nilon | 0.8 | 200 | 101.6 |
| 4 | Da | 3.2 | 200 | 10.5 |
| 5 | Thạch anh | 3.2 | 500 | 12.3 |
| 6 | Ac Ximăng | 5.00 | 500 | 0.83 |
| 7 | Sợi | 0.5 | 500 | 666.6 |
| 8 | Vải thủy tinh | 5,0 | 800 | 12.5 |
| 9 | Pha nhe ra | 6.4 | 850 | 90.1 |
| 10 | Ke ra mic | 6.5 | 850 | 10.0 |
| 11 | Plek xi lác | 10.0 | 900 | 58.3 |
| 12 | Sợi thủy tinh | 8.0 | 2500 | 16.6 |
| 13 | Thủy tinh | 3.2 | 5000 | 76.1 |

Trên bảng 6.6 trình bày một số thông số liên quan đến các loại laser và phạm vi ứng dụng cho cắt bằng laser cắt đối với một số vật liệu phi kim loại .

Bảng 6.6 [5]

| Loại vật liệu | Loại laser | Phạm vi ứng dụng | Ghi chú |
|-------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Thủy tinh và Kera mic | CO ₂ | Công nghiệp kính, thủy tinh, chân không | |
| Vật liệu hữu cơ, polime | CO ₂ | Các ngành công nghiệp | |
| Vải | CO ₂ | Nghành dệt may | |
| Màng kim loại | CO ₂ ; YAG + Nd He + Ne + N ₂ | Công nghiệp điện tử, Radio, các panel | |
| Gỗ, kácton | CO ₂ | Công nghiệp hoá chất | Có sử dụng khí và khí trơ để thổi |

6.4 ỨNG DỤNG LASER TRONG GIA CÔNG LỖ.

6.4.1 Các thông số khi gia công lỗ bằng laser

Từ những năm 1964 người ta bắt đầu sử dụng loại laser có nhiều xung ngắn để gia công những lỗ sâu. phương pháp này được hình thành dựa trên cơ sở từng lớp kim loại bay hơi dưới tác dụng của nhiệt gia công. Tổng năng lượng các xung quyết định kích thước của lỗ. Phương pháp này đang được ứng dụng trong các ngành chế tạo thiết bị, kỹ thuật radio, hàng không, kỹ thuật điện, dệt, chế tạo máy,... Hiện nay gia công lỗ bằng laser đang được ứng dụng để gia công các khuôn kéo từ hợp kim cứng : Khuôn kéo thép, khuôn kéo sợi dệt, khoan chân kính đồng hồ, ... Sau đây trình bày một số ứng dụng của laser để gia công lỗ

Tùy thuộc vào yêu cầu chính xác người ta phân ra:

- Đốt lỗ thường (độ chính xác thấp)
- Đốt lỗ chính xác.

Tùy thuộc vào quan hệ giữa chiều sâu h và đường kính d của lỗ người ta chia ra

Đốt lỗ không sâu $h / d < 1$

- Đốt lỗ sâu $h / d > 1$: $h/d = \frac{1}{2tg\gamma} \cdot n^{1/3}$. [5]

$$h/d = \frac{n \cdot \Sigma w_i}{2\pi \cdot r_0 L_0}$$

Trong đó : w - năng lượng một xung ; L_0 - Nhiệt lượng bay hơi ; r_0 - bán kính vùng bị chùm tia tác dụng (mm) ; n - số xung tác dụng lên vùng gia công ;

Kích thước tính toán khi gia công lỗ [5] :

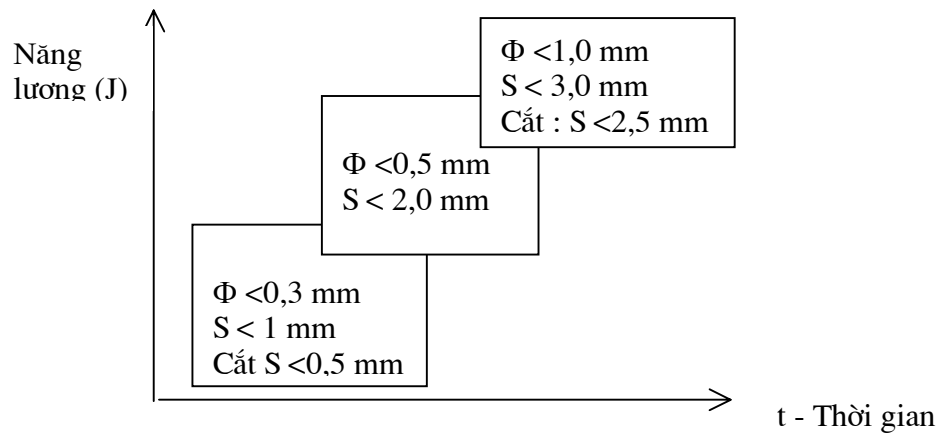
$$h = \sqrt[3]{(r_0 / \text{tg}\gamma)^3 + \frac{3w}{\pi \cdot \text{tg}^2 \cdot L_0} - \frac{r_0}{\text{tg}\gamma}}$$

$$d = \sqrt[3]{2r_0^3 + \frac{3w \cdot \text{tg}\gamma}{\pi \cdot L_0}}$$

Bảng giá trị tính toán h và d một số vật liệu khi tiêu điểm nằm ở bề mặt vật gia công như sau [5](Veiko trang 50 và [8]):

Bảng 6-7 [5]

| W | Al | | Thép | | Mo | | W | | Fe rít | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|
| | h | d | h | d | h | d | h | D | h | d |
| (J) | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| 0,1 | 0,58 | 0,14 | 0,45 | 0,11 | 0,40 | 0,10 | 0,38 | 0,10 | 0,45 | 0,11 |
| 0,5 | 1,10 | 0,23 | 0,85 | 0,18 | 0,80 | 0,18 | 0,70 | 0,16 | 0,85 | 0,18 |
| 1,0 | 1,37 | 0,29 | 1,1 | 0,24 | 1,00 | 0,22 | 0,90 | 0,20 | 1,10 | 0,24 |
| 2,0 | 1,75 | 0,37 | 1,40 | 0,30 | 1,35 | 0,29 | 1,20 | 0,26 | 1,40 | 0,30 |
| 5,0 | 2,4 | 0,50 | 1,90 | 0,40 | 1,85 | 0,39 | 1,65 | 0,35 | 1,90 | 0,40 |



Hình 6-2 : Sơ đồ phạm vi ứng dụng của laser cho gia công lỗ [17]

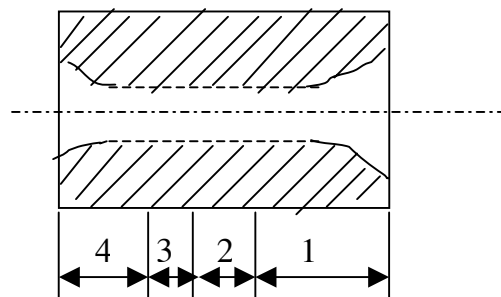
Giá trị một số thông số liên quan quá trình đột lỗ dẫn ra ở bảng 6-8 [5]

Bảng 6-8

| Công suất xung | D_{\max} | h_{\max} | $(h/d)_{\max}$ | Số xung |
|----------------|------------|------------|----------------|---------|
| J | Mm | mm | | |
| 0,1 | 0,15 | 0,5 | 3,3 | 4 |
| 1,0 | 0,33 | 1,5 | 4,5 | 6 |
| 10 | 0,73 | 5,0 | 7,0 | 9 |

6.4.2 Ứng dụng laser cho gia công khuôn kéo từ kim cương

Khuôn kéo dùng cho chế tạo các loại cáp điện thoại, các loại sợi thép, dây lò xo, các loại dây điện trở,... Ngoài ra người ta còn sử dụng để chế tạo các loại khuôn kéo trong công nghiệp dệt, kéo sợi,... Kích thước các loại khuôn kéo khác nhau. Để gia công khuôn có kích thước nhỏ (<1mm) bằng các phương pháp thông dụng gặp nhiều khó khăn Trong lúc nhu cầu sản xuất khuôn mẫu nói chung và các loại khuôn kéo rất lớn. Vật liệu làm khuôn kéo được chế tạo từ các loại vật liệu có độ cứng và độ chịu mài mòn cao : thép hợp kim, hợp kim cứng, đặc biệt là các loại kim cương tự nhiên và kim cương nhân tạo. Các phương pháp gia công cổ điển như khoan không đáp ứng được. Các phương pháp tia lửa điện, ăn mòn điện hoá, ... có nhiều hạn chế đặc biệt là đường kính và chiều sâu,... Mặt khác các phương pháp trên cần phải qua giai đoạn tạo lỗ thô ban đầu, sau đó mài nghiền bằng bột mài và đánh bóng để đạt được độ chính xác và độ bóng theo yêu cầu. Đây là những thao tác rất khó khăn và tốn nhiều thời gian. Ví dụ gia công lỗ thô ban đầu bằng cơ khí phải mất từ 24 - 48 giờ, các nguyên công tinh chỉnh mất từ 12-16 giờ. Sơ đồ kết cấu khuôn kéo có dạng như hình 6-4



Hình 6-4 Sơ đồ cấu tạo khuôn kéo bằng kim cương [5]

1- đầu vào 2- Khoa chứa chất bôi trơn 3- Vùng làm việc (tạo hình) 4- Đầu ra

Kết quả nghiên cứu chế tạo các lỗ bằng laser cho thấy:

Năng lượng của xung 3 Jun (J)

Thời gian $5 \cdot 10^{-4}$ giây

Khi tạo lỗ mới từ phôi sợi tinh thể kim cương chỉ cần một vài xung; còn khi gia công để mở rộng lỗ, gia công sửa lại các khuôn đã qua sử dụng phải cần đến hàng chục xung. Do dải tần số và bước sóng trong phạm vi rộng, các xung năng lượng và thời gian một xung khác nhau, cho phép ta chọn những chế độ tối ưu để gia công lỗ hoặc chuốt,...

Ví dụ Khi mở rộng lỗ từ $175 \mu\text{m} \rightarrow 350 \mu\text{m}$ cần đến 22 xung với năng lượng bức xạ 4 Jun. Với chế độ đó, không thấy có sự phá huỷ cấu trúc của kim cương. Tuy nhiên trên bề mặt lỗ có bám một lớp mỏng grafit do sự cháy các bon tạo nên. Nên sau khi gia công phải làm sạch bằng siêu âm.

Khi gia công trên thiết bị laser rubin có các thông số :

Năng lượng xung $\leq 10\text{J}$

Góc phân kỳ 0,5 micro radian

Thời gian tồn tại một xung 0,5 - 1 micro giây

Tần số chế độ bằng tay 1 Hz

Tần số chế độ tự động 1/10 Hz

Khi gia công lỗ có đường kính 1,25 mm chiều dày 3,1 mm hết 10 phút trong lúc gia công bằng cơ khí mất 24 giờ.

Với thiết bị trên có thể gia công lỗ có $d = 0,05 - 0,4 \text{ mm}, \quad h = 1 \text{ mm}$

$d = 0,8 \text{ mm} \quad h = 3 \text{ mm}$

Gia công tạo phôi lỗ bằng laser, sau đó gia công tinh bằng mài nghiên. Khi gia công vật liệu dòn người ta dùng laser đa xung. (Veiko page 85).

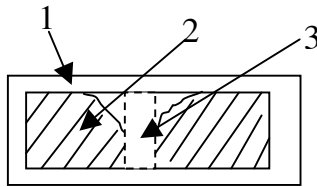
Năng suất gia công bằng laser **gấp 12-15 lần so với phương pháp điện vật lý**

gấp 200 lần số với phương pháp gia công cơ khí

6.4.3 Gia công chân kính đồng hồ bằng laser

Sản xuất chân kính đồng hồ là một ngành công nghiệp sản xuất hàng loạt với yêu cầu rất cao về độ chính xác và chất lượng. Hàng năm cần hàng chục triệu

sản phẩm. Vật liệu thường dùng cho chế tạo ổ trục đồng hồ là rubi. Chi tiết có dạng đĩa $D = 1-1,5 \text{ mm}$, $S=0,5 \text{ mm}$. Đường kính lỗ thông cần gia công ($30-90 \mu\text{m}$)



Hình 6-7 Sơ đồ cấu tạo chân kính đồng hồ [5]

1- phôi 2- Chân kính 3- Lỗ tinh được gia công bằng laser

Để gia công hoàn thiện chân kính người ta phải dùng nhiều xung. Xung đầu tạo ra lỗ xuyên thấu, xung thứ 2 hoàn chỉnh hình dáng, các xung tiếp theo là tinh chỉnh.

Với năng lượng xung khoảng 2 J,

Thời gian $2 \cdot 10^{-4}$ giây,

Tần số 2 Hz thì năng suất đạt 40000 sản phẩm chân kính /ca=8 giờ) .

Ở đây đường kính lỗ :

$$d = 50 \mu\text{m},$$

Thời gian gia công một chân kính cỡ 1 giây, trong lúc gia công cơ mất 10 phút gấp 600 lần,

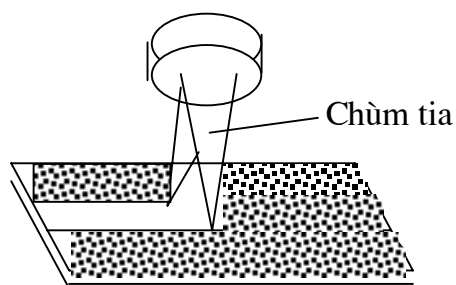
năng suất lao động tăng 15 lần, độ bóng bề mặt đạt cấp 7-8 (TC củ).

Bảng 6-9 [5] Veiko trang 98) Một số thông số khi gia công lỗ.

Bảng 6 - 9

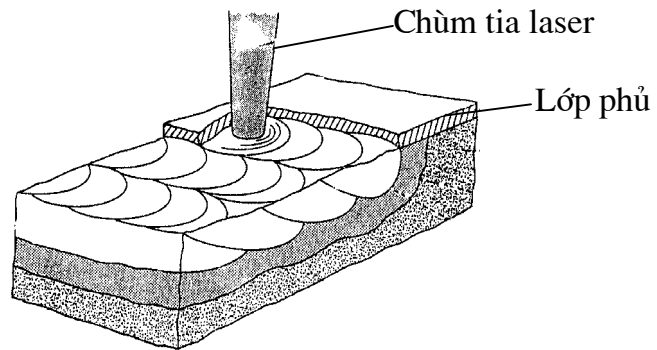
| Chi tiết | Vật liệu | h, mm | d, mm | W,(J) | τ mily giây | Q w/cm ² . |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------|------------------|-----------------------------|
| Khuôn kéo | Kim cương | 1 | 0,05-0,04 | 2-5 | 0,5 | $2-5 \cdot 10^7$. |
| | | 3 | 0,8 | 0,5-2 | 0,5 | $(0,5-2) \cdot 10^7$ |
| | | 3,1 | 1,25 | 10 | 0,5 | $1,8 \cdot 10^7$ |
| | | 4,8 | 2,0 | 10 | 0,5 | $1,8 \cdot 10^7$ |
| | | 6,2 | 3,75 | 10 | 0,5 | $1,8 \cdot 10^7$ |
| | | 5-6 | 0,5-0,6 | 2-3 | 0,6 | $1,8 \cdot 10^7$ |
| Chân kính đồng hồ | Rubin | 0,035 | 0,05 | 0,15 | 0,2 | Thời gian |
| | | 0,035 | 0,05 | 0,1-0,2 | 0,05-0,1 | gia công |
| | | 0,36 | 0,04-0,09 | 5-11 | 1 | 6-10 phút |
| | | 0,03 | 0,06-0,09 | 4 | 1 | |
| | | 0,4 | 0,01 | 1 | 10^{-4} | |
| Khuôn kéo sợi dệt | Thép inox | 0,06-0,08 | 0,03-0,04 | 0,1-0,2 | 1 | Thời gian gia công 1-2 giây |

6-5 Ứng dụng laser để quét xử lý nhiệt bề mặt



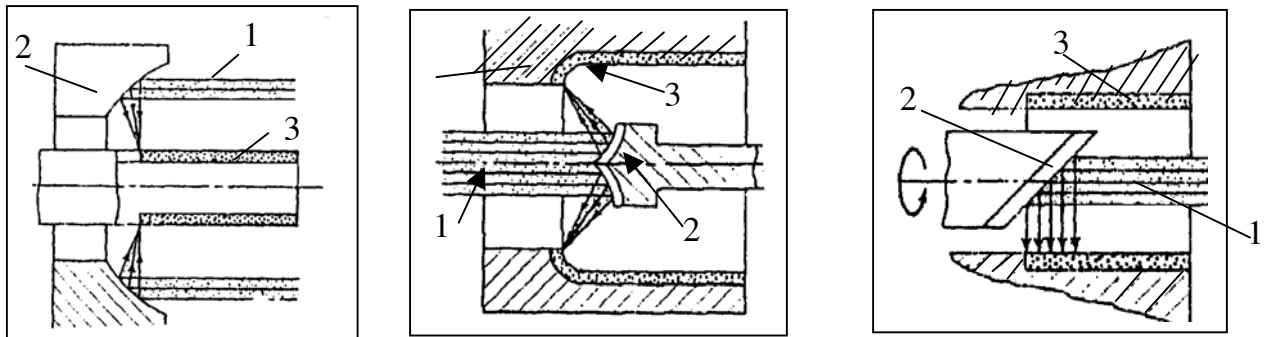
Hình 6-8 Sơ đồ nguyên lý quét bề mặt bằng chùm tia laser [15]

6-6 Ứng dụng laser để gia công lớp phủ bề mặt kim loại



Hình 6-8 Sơ đồ nguyên lý quét bề mặt bằng chùm tia laser [15]

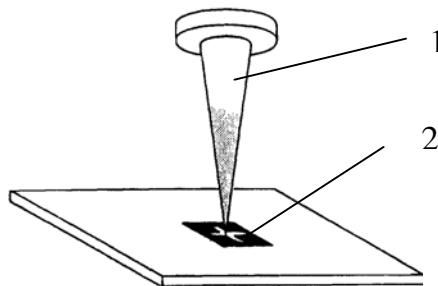
6-7 ứng dụng laser trong nhiệt luyện bề mặt



Hình 6-9 Sơ đồ nguyên lý nhiệt luyện bề mặt bằng chùm tia laser [15]

1 - Chùm tia laser; 2 - Gương phản xạ; 3 - Bề mặt gia công

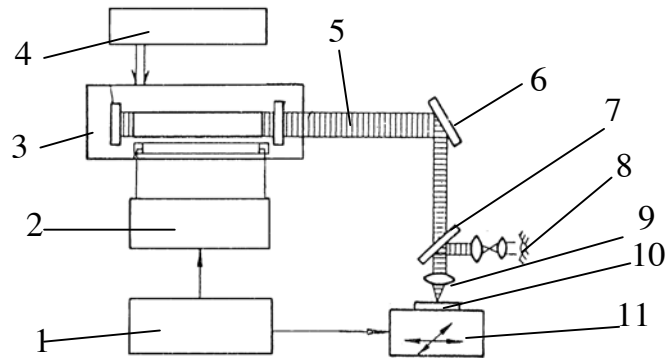
6-8 Nung chảy lại bề mặt theo quỹ đạo



Hình 6-10 Sơ đồ nguyên lý nhiệt luyện bề mặt bằng chùm tia laser [15]

1 - Chùm tia laser; 2 - Bề mặt gia công

6-9 Hàn bằng laser

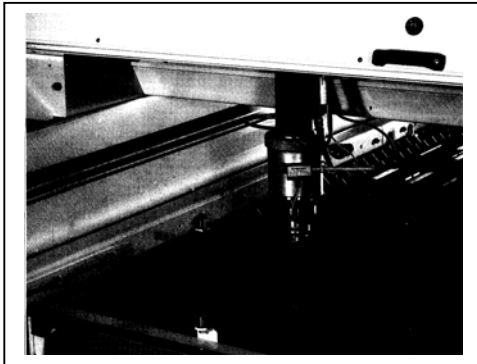
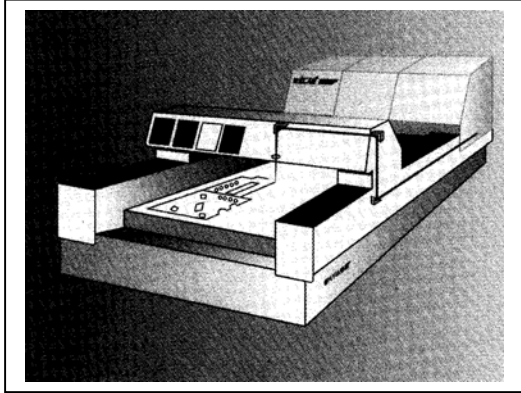


Hình 6-11 Sơ đồ nguyên lý hàn bằng chùm tia laser [5],[7]

- 1- Tủ điều khiển, 2 - Nguồn điện, 3 - đầu laser, 4 - Hệ thống làm mát,
5- Chùm tia laser, 6 - Gương phản xạ, 7 - Gương lọc,
8- Hệ thống quan sát 9- Thấu kính hội tụ, 10 - Chi tiết
11 - Bàn đặt chi tiết gia công có thể di chuyển theo 2 phương X, Y

Đặc điểm của hàn bằng chùm tia laser

1. Có thể hàn trong bất kỳ môi trường nào mà ánh sáng xuyên qua được (môi trường chân không, môi trường khí trơ hoặc không khí bình thường,...)
2. Hướng đi của chùm tia có thể điều khiển bằng hệ thống kính cho nên có thể hàn được ở các vị trí hàn phức tạp.
3. Có thể hàn từ xa.
4. Có thể hàn các chi tiết có chiều dày nhỏ và cực nhỏ trong ngành kỹ thuật điện tử và vi điện tử.
5. Hàn được các loại vật liệu khác nhau (Au + Si, Au + Ge, Ni + Ta, Cu + Al, ...)
6. Do chùm tia có kích thước nhỏ, hẹp, nguồn nhiệt tập trung nên thời gian hàn nhanh, vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ, ít bị biến dạng.
7. Chất lượng mối hàn cao .



MỤC LỤC

NỘI DUNG

Trang

| | |
|---|----|
| Chương I GIỚI THIỆU HỢP KIM KHÓ GIA CÔNG | 1 |
| 1.1 Kim loại khó chảy | 1 |
| 1.2 Thép hợp kim | 1 |
| 1.3 Hợp kim đặc biệt | 2 |
| 1.4 Hợp kim có tỷ bền cao | 3 |
| 1.5 Tính chất của một số kim loại | 6 |
| 1.6 Vật liệu bột | 8 |
| 1.7 Một số nhóm vật liệu khác | 8 |
| Chương 2 GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐẶC BIỆT | 10 |
| 2.1 Giới thiệu | 10 |
| 2.2 Phân loại một số phương pháp gia công đặc biệt | 10 |
| 2.3 Đặc điểm của các phương pháp gia công đặc biệt | 11 |
| 2.4 Các phương pháp gia công điện xói mòn | 11 |
| 2.5 Các phương pháp gia công bằng siêu âm | 18 |
| 2.6 Các phương pháp gia công bằng điện hoá - bột mài | 19 |
| 2.7 Phương pháp gia công bằng hồ quang plasma | 19 |
| 2.8 Phương pháp gia công bằng chùm tia điện tử | 21 |
| Chương 3 : CÔNG NGHỆ LASER | 25 |
| 3.1 Mở đầu | 25 |
| 3.2 Một số phương pháp tạo nghịch đảo độ tích lũy | 26 |
| 3.3 Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của máy phát laser | 30 |
| 3.4 Các bộ phận chính của máy phát laser | 31 |
| 3.5 Phân loại laser | 31 |
| 3.6 Đặc điểm và khả năng ứng dụng của laser | 34 |
| 3.6.1 Đặc điểm của laser | 34 |
| 3.6.2 Khả năng ứng dụng của laser | 36 |

| | |
|---|----|
| | 39 |
| CHƯƠNG 4 CƠ SỞ LÝ THUYẾT CẮT BẰNG LASER | 39 |
| 4.1 Sơ lược về quá trình cắt bằng laser | 42 |
| 4.2 Phân loại các phương pháp cắt bằng laser | 43 |
| 4.3 Sơ đồ nguyên lý cắt bằng chùm tia laser | 46 |
| 4.4 Đặc điểm quá trình cắt bằng laser | 47 |
| 4.5 Đặc tính của thiết bị cắt bằng laser | 49 |
| 4.6 Các phương pháp cắt bằng laser | 61 |
| 4.7 Các quá trình xảy ra khi cắt vật liệu | |
| 4.8 Chế độ cắt một số vật liệu | |
| CHƯƠNG 5 NHỮNG NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG | 62 |
| ĐẾN QUÁ TRÌNH GIA CÔNG | 62 |
| 5.1 Ảnh hưởng của các thông số thiết bị cắt | 64 |
| 5.2 Ảnh hưởng của công nghệ cắt . | 68 |
| CHƯƠNG 6: MỘT SỐ ỨNG DỤNG KHÁC CỦA LASER | 68 |
| 6.1 Sơ đồ nguyên lý cắt có kết hợp nung nóng | 65 |
| 6.2 Gia công cắt các loại vật liệu kim loại | 71 |
| 6.3 Gia công cắt các loại vật liệu phi kim | 73 |
| 6.4 Ứng dụng laser trong gia công đột lỗ | 78 |
| 6.5 Ứng dụng laser để quét xử lý nhiệt bề mặt | 79 |
| 6.6 Ứng dụng laser để gia công lớp phủ bề mặt | 79 |
| 6.7 Ứng dụng laser trong nhiệt luyện bề mặt | 79 |
| 6.8 Nung chảy lại bề mặt theo quỹ đạo | 80 |
| 6.9 Hàn bằng laser | 81 |
| Tài liệu tham khảo | 83 |
| Mục lục | 80 |

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Minh Cảo, Nguyễn Văn Trọng, Laser và ứng dụng, NXB TP. HCM, 1984.
- [2] Lê Công Dưỡng chủ biên, Vật liệu học, NXB KH&KT, Hà Nội, 2000
- [3] Trần Đức Hân, Nguyễn Minh Hiến Kỹ thuật laser và made, tập 1, Trường Đại học Bách khoa, năm 1984, Hà nội, 1984,
- [4] Phan Văn Thích, Vật lý lượng tử, NXB ĐH&THCN, 1984
- [5] В. П. Вейко, М.Н. Либенсон, Лазерная обработка, Лениздат. 1973.
- [6] А. Г. Григориянц Основы Лазерная обработки материалов, Изд. Машиностроение, М, 1989, 302 p.
- [7] Л.Я.Попилов, Электрофизическая и ЭлектроХимическая обработка материалов, М. Изд. Машиностроение, М, 1969, 296 p
- [8] Н. Н. Рыкалин А. А. Углов А А Кокора Лазерная обработка материалов, Изд. Машиностроение, М, 1975, 296 p.
- [9] Д.С.Савровский В.Г. Головня Конструкционные материалы и их обработка. м, "Высшая школа", 1976,
- [10] И.Е. Ульман, Ремонт машин, 1982, М. 446 стр.
- [11] Catherine Le'vy "Coupage thermique 3eme partie : Coupage Au laser " Souder - 1996- Septembrre - N° 5.
- [12] De'coupage au jet de fluide par Lucieu Vignardet ,B 7 340 - 2
- [13] L'usinage par laser de'coupe , perçage, usinage assister', "Les lasers de puissance " 1990
- [14] Lucien Vignarddet, Descoupage au jet de fluide oxycoupage, jet de plassma, laser et jet d'eau sous pression, B7 340, Techniques de l'Ingénieur, Traté mescanique et chaleur.
- [15] Stjepan Lugomer, Laser technology, 1990 by Prentice - Hall, Englewood Cliffs
- [16] Souder-1996-Septembre - N° 5.
- [17] William M. Steel laser material processing.

- [18] Alquier, Jean-Piere, Le laser: Principes et ... , Paris, Technique de documentasion, la voisier, c1990
- [19] G.Sepold, K.Teske, Investigation on laser cutting of metal 7 september au laser, 3° CISFEEL Lyon (5-9 Septembre 1983)
- [20] L'Usinage par laser d'écoupe, perçage , Usinage assister " Les laser de pussance" 1990.
- [21] Plasma arc cutting of Bridges steels, National Research Council (Etats-Units) Transportation Research Board Harris I and D.
- [22] Vannes, Bernard, Les laser de poussance et leur utisations industriell, Paris Tachnique, Hermes, C1988