



Non-Traditional Machining Iso-Frequency Parameters

Peiman Mosaddegh, Ph.D.

Isfahan University of Technology

Fall 2020



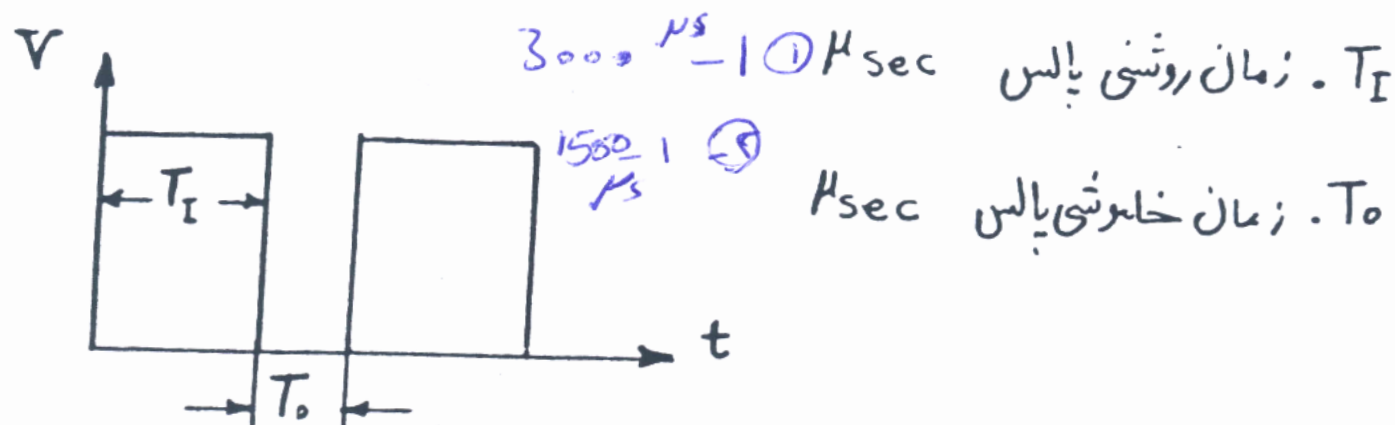
پارامترهای ماشینکاری در مدار ایزو فرکانس

پارامترهای خروجی		پارامترهای ورودی	
On line	Off line	On line	Off line
1- ولتاژ لحظه ای	1- سرعت براده برداری	1- زمان خاموشی پالس	1- شدت جریان جرقه
2- شدت جریان لحظه ای	2- فرسایش ابزار	2- فاصله دو الکترود	2- زمان روشنی پالس
3- ولتاژ متوسط	3- صافی سطح	3- مقدار شست و شو	3- ولتاژ مدار باز
4- شدت جریان متوسط	4- تلرانس ابعادی		4- پلاریته ابزار
5- زمان تاخیر جرقه			5- جنس ابزار
			6- روش ساخت ابزار
			7- نوع دی الکتریک
			8- روش شست و شو
به طور مستقیم هشت پارامتر off line ورودی بر چهار پارامتر off line خروجی اثرگذارند			



پارامترهای ماشینکاری

- **شدت جریان جرقه** یکی از مهم ترین پارامترهای ورودی و متاثر از جریان تنظیمی در EDM است. مقدار شدت جریان تنظیمی بین 1 تا 400 آمپر بر حسب نوع ژنراتور متغیر است و بر حسب تعداد ترانزیستورهای فعال در مدار مشخص میگردد.
- **زمان روشنی پالس** در انرژی پالس نقش مهمی دارد. مقدار آن بین 1 تا 3000 میکرو ثانیه است.





پارامترهای ماشینکاری

- **ولتاژ مدار باز:** یا ولتاژ بدون بار است که بر روی ماشین تنظیم میشود و به پایداری فرایند کمک میکند. به طوری که با ازدیاد آن میتوان فاصله ابزار و قطعه کار و در نتیجه پایداری فرایند را افزایش داد.

- **پلاریته ابزار**

Normal Polarity (ابزار به قطب - و قطعه کار به قطب +):
در زمانهای جرقه کوتاه (فرایند Finishing)

Reverse Polarity (ابزار به قطب + و قطعه کار به قطب -):
در زمانهای جرقه بلند (فرایند Roughing)



انتخاب پلاریته

- در زمان های کوچک روشنی پالس (ابزار منفی و قطعه کار مثبت) ← در این حالت الکترون ها باربرداری می کنند. (برای فرایند پرداخت از پلاریته مستقیم استفاده می شود **Finishing**)

اگر در منبع تغذیه ایزوپالس یا ایزوفرکانس از پلاریته مستقیم و زمان روشنی پالس بزرگ (در حد ۲۰۰ میکروثانیه) استفاده شود میزان سایش ابزار به طور چشمگیری افزایش می یابد.
یا در مدار RC از پلاریته مستقیم استفاده میکنیم.

در زمان های بزرگ روشنی پالس (ابزار مثبت و قطعه کار منفی) ← در این حالت پروتون ها باربرداری می کنند. در این حالت چون پروتون ها جرم بیشتری دارند در این صورت انرژی آن ها بیشتر است و زمانی که به قطعه کار برخورد میکنند دما و فشار را بیشتر بالا می برند در این صورت نرخ براده برداری در این نوع پلاریته بیشتر است. (برای فرایند خشن کاری از پلاریته معکوس استفاده می شود **Roughing**)



پارامترهای ماشینکاری

جنس ابزار دقت ابزار و حفظ آن در فرایند ماشینکاری مهم است و تمامی پارامترهای خروجی بدان وابسته اند. ماده ایده آل برای الکترود ها باید رسانایی الکتریکی بالا و نقطه ذوب بالا داشته و به سادگی ساخته شود و همینطور به اندازه کافی استحکام داشته باشد تا فرآیند EDM را بدون تغییر شکل تحمل کند.

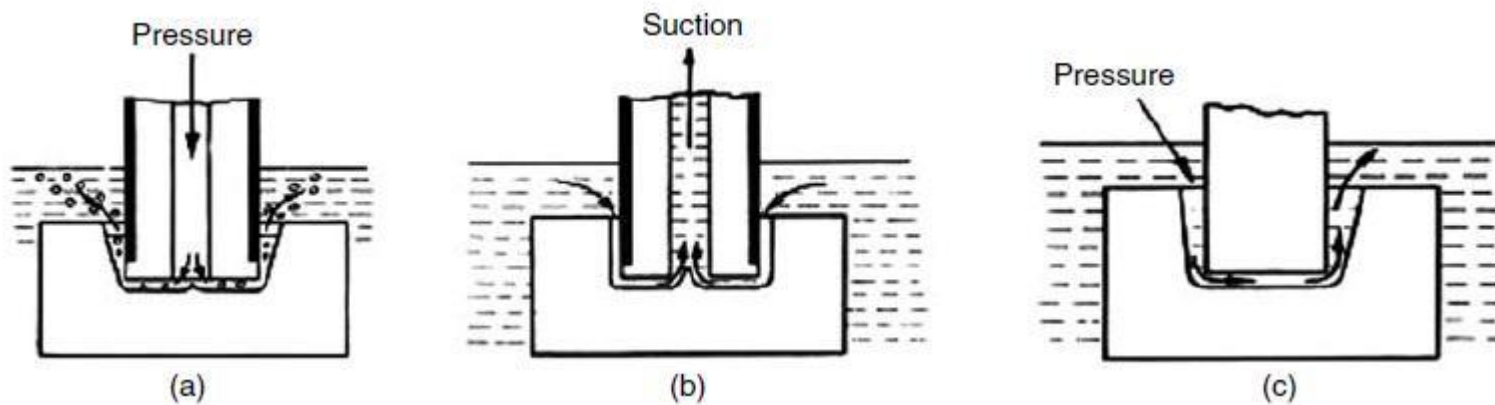
روش ساخت ابزار تنشهای پسماند ایجاد شده از روش ساخت بر روی عمر ابزار و کیفیت سطح ایجاد شده اثر گذار است.



پارامترهای ماشینکاری

نوع دی التریک: مقاومت در مقابل یونیزاسیون و کوچک نگه داشتن کانال پلازما و متعاقب آن تمرکز انرژی در کانال فوق وظیفه اصلی دی التریک است. چهار ویژگی برای مایه دی التریک در نظر گرفته می شود:

1. به عنوان مایع جدا کننده ابزار و قطعه
 2. هادی جرقه در کانال پلازما
 3. محیط خنک کننده
 4. خارج کننده ضایعات ناشی از جرقه
- **روش شست و شو:** در پایداری فرایند موثر است. انواع روشها شامل: غوطه وری، جت، فشاری، مکشی، پریودیک، نوسانی، اولتراسونیک، و ترکیبی میباشد.





معادلات مولد قدرت ایزو فرکانس:

$$V_s = V_t + V_R + V_g$$

V_s : ولتاژ منبع:

V_t : افت ترانزیستور (کم و ثابت):

V_R : افت مقاومت‌های کنترل جریان:

$V_g = V_{sp}$: در زمان جرقه داریم:

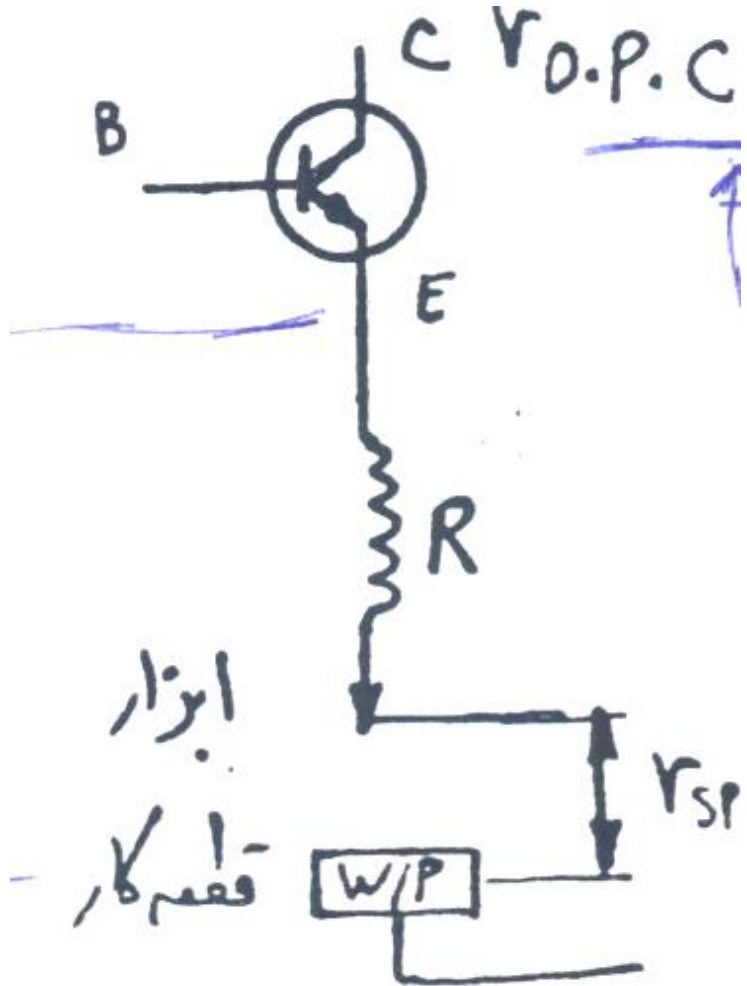
$$V_{sp} = R_{gsp} \cdot I_{sp}$$

$$V_R = R_{eq} \cdot I_{sp}$$

V_t : مقدار کم و تقریباً ثابتی است

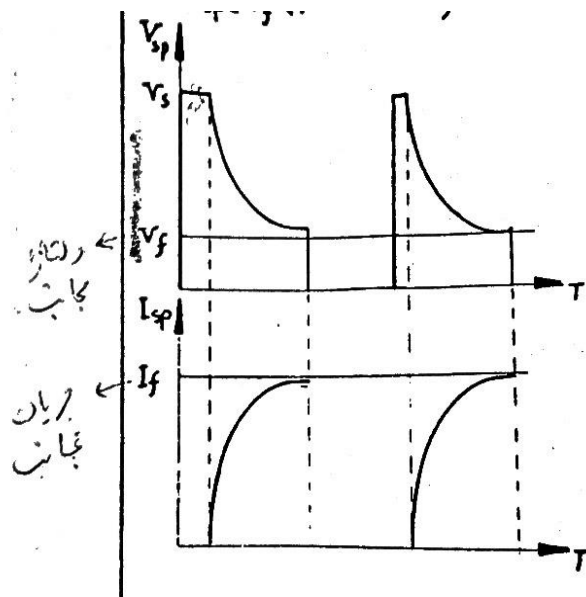
$$V_s - V_t = (R_{eq} + R_{gsp}) I_{sp}$$

$$\longrightarrow I_{sp} = \frac{V_s - V_t}{R_{eq} + R_{gsp}}$$





ولتاژ و شدت جریان جرقه در مدار ایزوفرنانس



در حین جرقه میتوان ولتاژ و شدت جریان را بصورت زیر تقریب زد.

با فرض اینکه V_t تقریباً صفر می باشد:

$$V_{sp} = V_f + (V_s - V_f)e^{-a(T-T_d)}$$

$$I_{sp} = I_f(1 - e^{-b(T-T_d)})$$

V_{sp} تابع همان پارامترهایی است که a, b, V_f, I_f مقادیر تابع آنهاست.



توان و انرژی یک جرقه در مدار ایزوفرکانس

$$R_{gf} = \frac{V_f}{I_f} \quad \text{مقاومت نهایی گپ}$$

$$P = V_{sp} \cdot I_{sp} \quad \text{توان لحظه ای}$$

$$W_1 = \int_{T_d}^{T_i} P dT = \int_{T_d}^{T_i} V_{sp} \cdot I_{sp} dT \quad \text{انرژی هر جرقه}$$

ولتاژ متوسط هر پالس :

$$V_{av1} = \frac{V_s \cdot T_d + \int_{T_d}^{T_i} [V_f + (V_s - V_f)e^{-a(T-T_d)}] dT}{T_i + T_o}$$

شدت جریان متوسط هر پالس :

$$I_{av1} = \frac{\int_{T_d}^{T_i} [I_f(1 - e^{-b(T-T_d)})] dT}{T_i + T_o}$$

توان متوسط هر پالس :

$$P_{av1} = \frac{\int_{T_d}^{T_i} [V_{sp} \cdot I_{sp}] dT}{T_i + T_o}$$



ولتاژ متوسط n پالس :

$$V_{avn} = \frac{\sum_{k=1}^n V_{sp} T_{dk} + \sum_{k=1}^n \int_{T_{dk}}^{T_i} V_{spk} dT}{n(T_i + T_o)}$$

شدت جریان متوسط n پالس:

$$I_{avn} = \frac{\sum_{k=1}^n \int_{T_d}^{T_i} I_{spk} dT}{n(T_i + T_o)}$$

توان متوسط n پالس :

$$P_{avn} = \frac{\sum_{k=1}^n \int_{T_{dk}}^{T_i} v_{spk} I_{spk} dT}{n(T_i + T_o)}$$

انرژی متوسط n جرقه :

$$W_{avn} = \frac{\sum_{k=1}^n \int_{T_{dk}}^{T_i} V_{spk} I_{spk} dT}{n}$$

انرژی n جرقه :

$$W_n = \sum_{k=1}^n \int_{T_{dk}}^{T_i} V_{spk} I_{spk} dT$$



اگر ولتاژ و شدت جریان جرقه ثابت باشند انرژی و توان عبارت خواهند بود از :

$$V_{av1} = \frac{V_s T_d + V_{sp}(T_i - T_d)}{T_i + T_o}$$

و

$$I_{av1} = \frac{I_{sp}(T_i - T_d)}{T_i + T_o}$$

$$W_1 = V_{sp} I_{sp} (T_i - T_d)$$

$$P_{av1} = \frac{V_{sp} I_{sp} (T_i - T_d)}{T_i + T_o}$$

T_i , T_d بر حسب ثانیه هستند .



اگر T_d ولتاژ متوسطی مثل T_{dav} فرض شود داریم :

$$V_{avn} = \frac{V_s \sum_{k=1}^n T_{dk} + V_{sp} \sum_{k=1}^n (T_i - T_{dk})}{n(T_i + T_o)}$$

$$V_{avn} = \frac{V_s T_{dav} + V_{sp} (T_i - T_{dav})}{(T_i + T_o)}$$

این ولتاژ توسط ولت متر آنالوگ نشان داده میشود.

$$I_{avn} = \frac{I_{sp} \sum_{k=1}^n (T_i - T_{dk})}{n(T_i + T_o)}$$

این شدت جریان توسط آمپر متر آنالوگ نشان داده میشود.



$$W_{avn} = \frac{V_{sp} I_{sp} \sum_{k=1}^n (T_i - T_d)}{n}$$

$$W_{avn} = V_{sp} I_{sp} (T_i - T_{dav})$$

$$P_{avn} = \frac{V_{sp} I_{sp} \sum_{k=1}^n (T_i - T_{dk})}{n(T_i + T_o)}$$

$$P_{avn} = \frac{V_{sp} I_{sp} (T_i - T_{dav})}{(T_i + T_o)}$$

$$P_{avn} = V_{sp} I_{avn}$$

توان متوسط متناسب است با شدت جریان متوسط :

$$P_{avn} = \frac{V_{sp} I_{sp} (1 - T_{dav}/T_i)}{1 + T_o/T_i}$$



پارامترهایی که در هر عمل ماشینکاری با آنها سر و کار داریم:

- صافی سطح
- سرعت براده برداری
- فرسایش ابزار
- تلرانس (گشادی کنار)



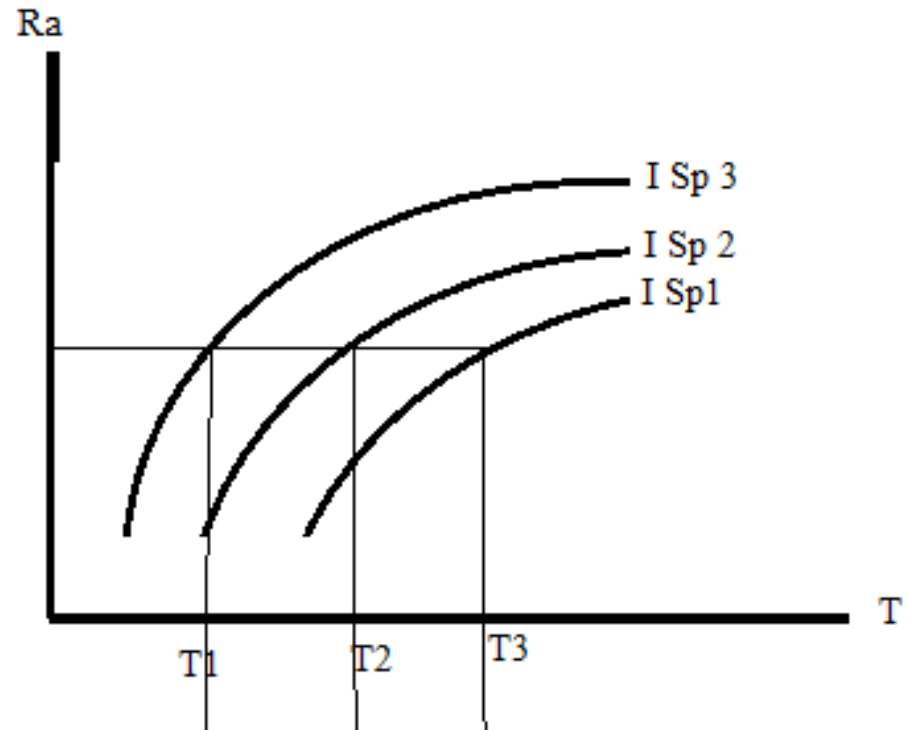
صافی سطح

$$\text{power } P_{sp} = V_{sp} \cdot I_{sp}$$

$$dw = P_{sp} \cdot dt$$

$$\int_0^w dw = \int_{T_d}^{T_1} V_{sp} \cdot I_{sp} \cdot dt$$

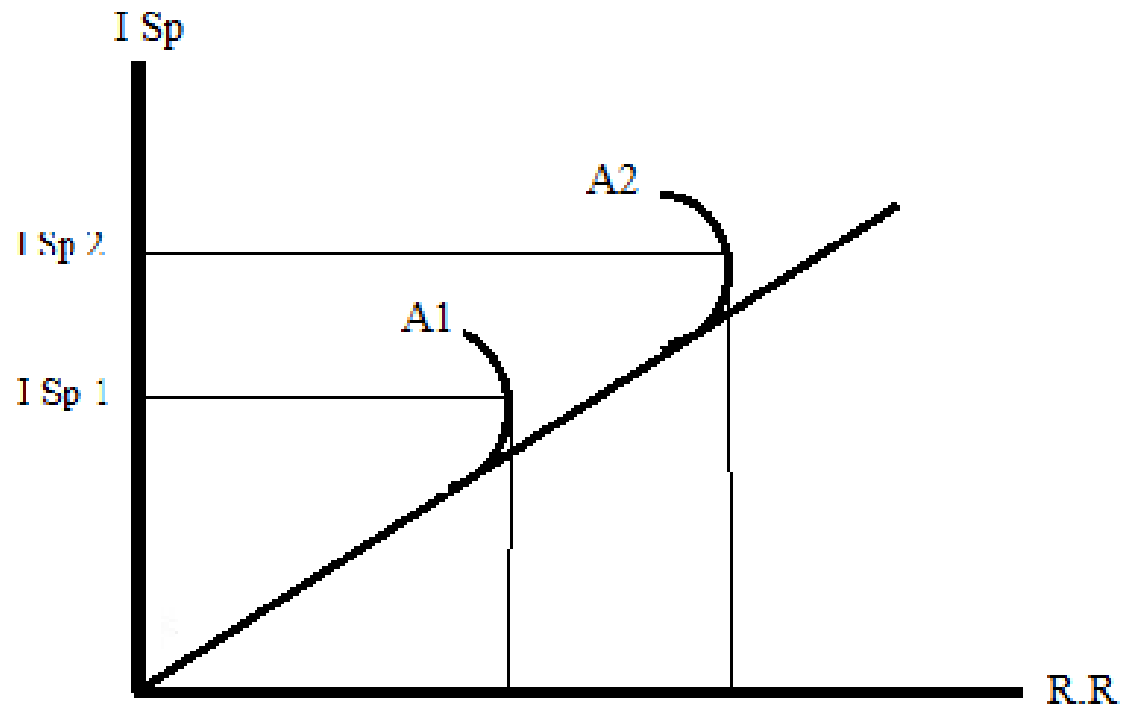
$$W = I_{sp} \cdot V_{sp} (T_1 - T_d)$$





سرعت براده برداری

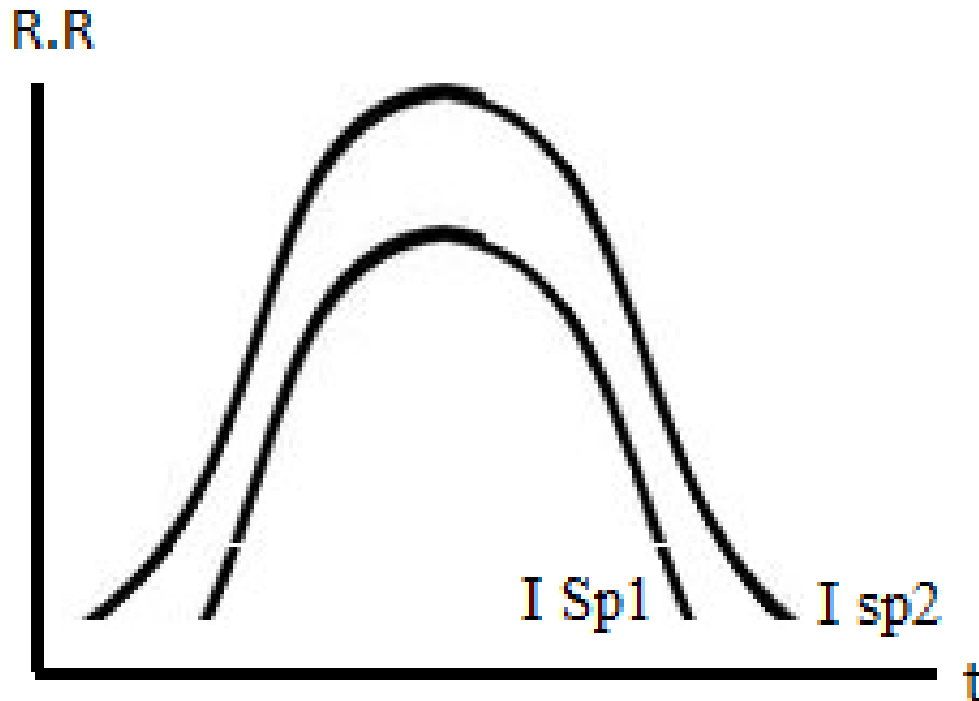
$$\dot{V} = \frac{W}{T} = \frac{I_{sp} \cdot V_{sp}(T_l - T_d)}{T_l + T_0} = \frac{I_{sp} \cdot V_{sp}(1 - \frac{T_d}{T_l})}{1 + \frac{T_0}{T_l}}$$





سرعت براده برداری

$$\dot{V} = \frac{W}{T} = \frac{I_{sp} \cdot V_{sp}(T_l - T_d)}{T_l + T_0} = \frac{I_{sp} \cdot V_{sp}(1 - \frac{T_d}{T_l})}{1 + \frac{T_0}{T_l}}$$

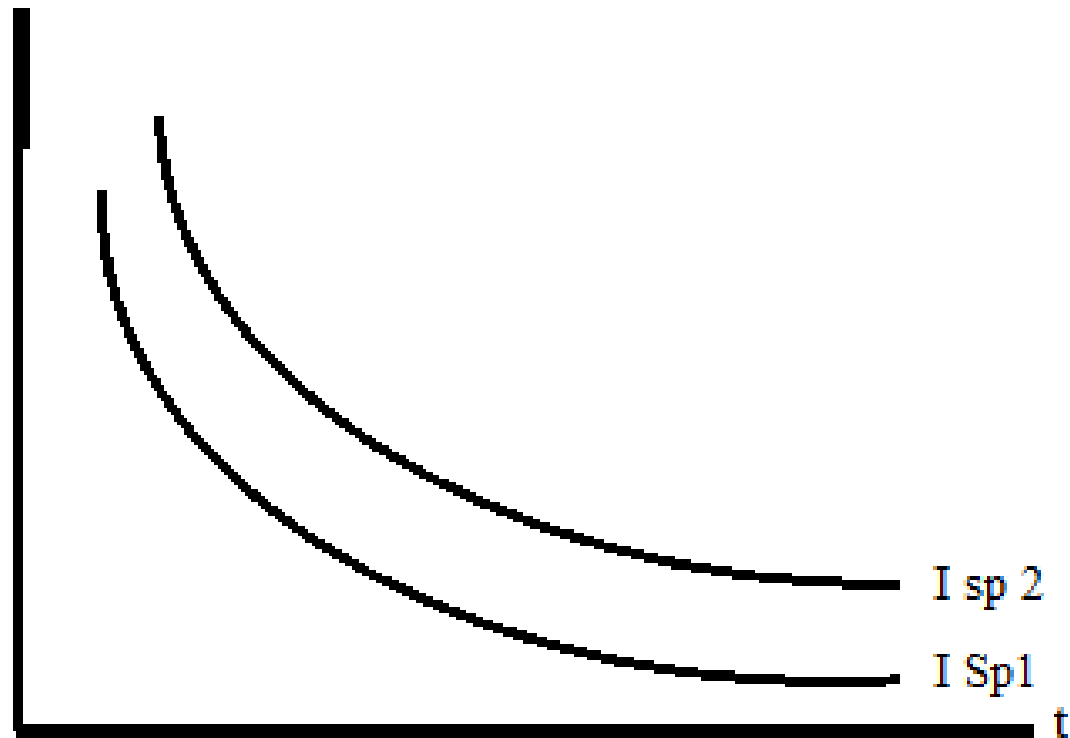




فرسایش ابزار

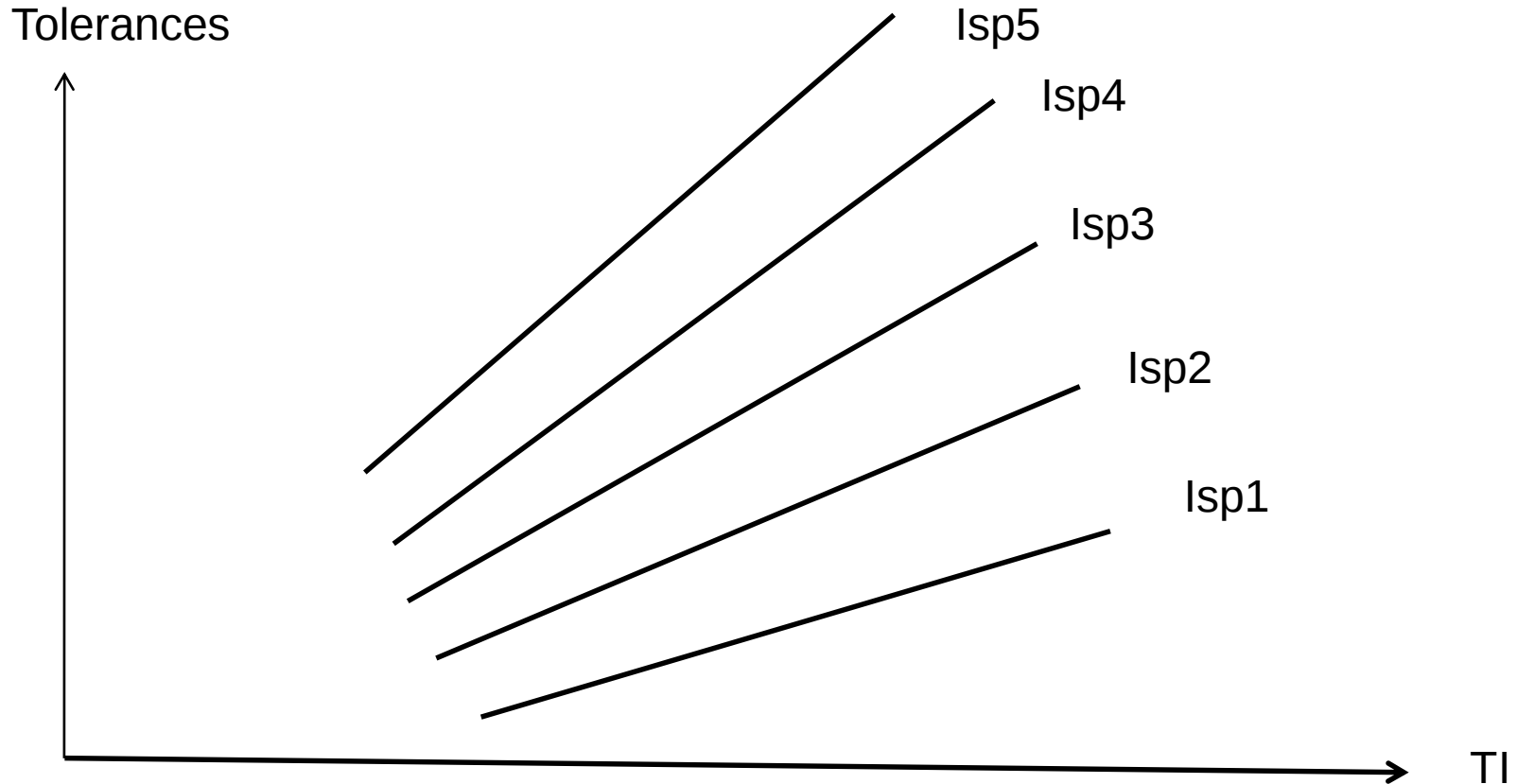
درصد حجم کنده شده از ابزار به قطعه کار است.

درصد فرسایش نسبی ابزار





تولرانس (گشادی کنار)





تنظیم پارامترهای ماشین کاری در EDM

۱- ابتدا باید مشخص نمود که فرایند مشخص شود

Roughing ☐

Finishing ☐

۲- استفاده از برگه های تکنولوژی که همراه دستگاه می باشد.

۳- بقیه پارامترهایی که در برگه های تکنولوژی نیست را باید از هندبوک استفاده کرد مثل جنس ابزار ، نوع دی الکتریک ، پلارите ابزار ، روش شست و شو و

۴- با توجه به نوع فرایند که پرداخت کاری است یا خشن کاری میتوان جنس ابزار و پلارите را عوض کرد .

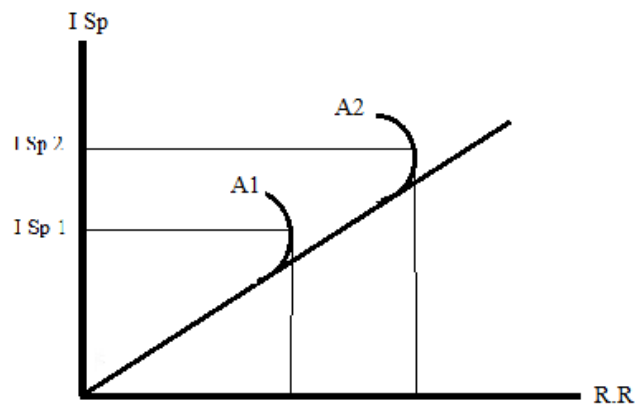
۵- ولتاژ مدار باز را چگونه بدست آوریم؟

در فرآیند خشن کاری ولتاژ را در حالت کمینه ممکن و در Finishing ولتاژ را در حالت بیشینه قرار می دهیم.

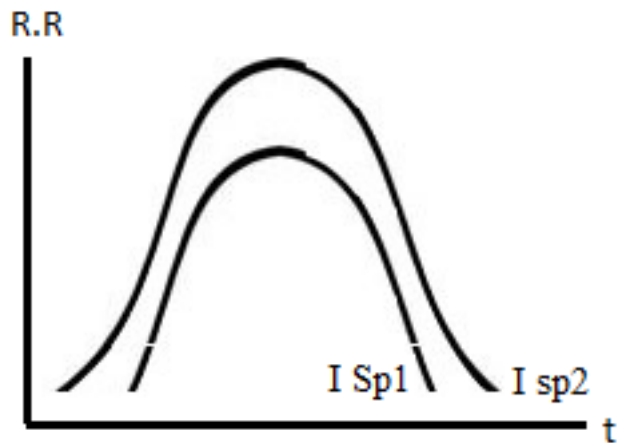
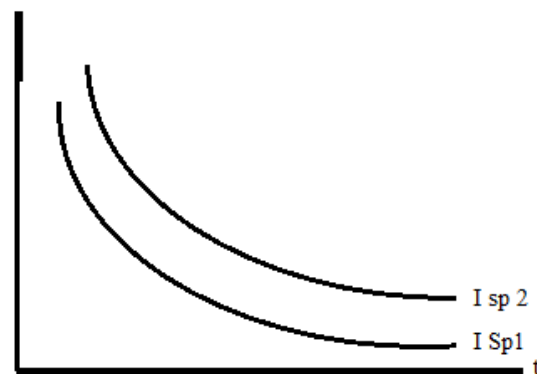


تنظیم پارامترهای ماشین کاری در *Roughing*

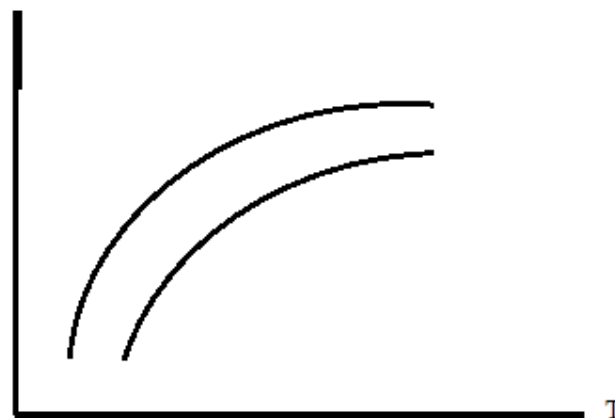
۱- در خشن کاری معیار اصلی برای تنظیم پارامترهای ماشین کاری **بیشینه نرخ براده برداری** است به همین علت از منحنی مساحت پیشانی ابزار و بیشینه نرخ براده برداری شروع می کنیم.



درصد فرسایش نسبی ابزار



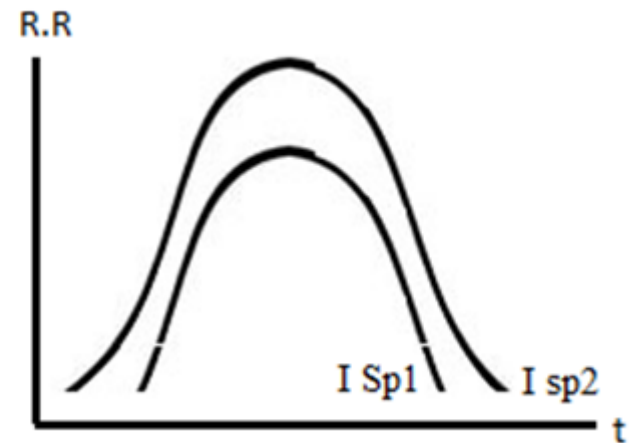
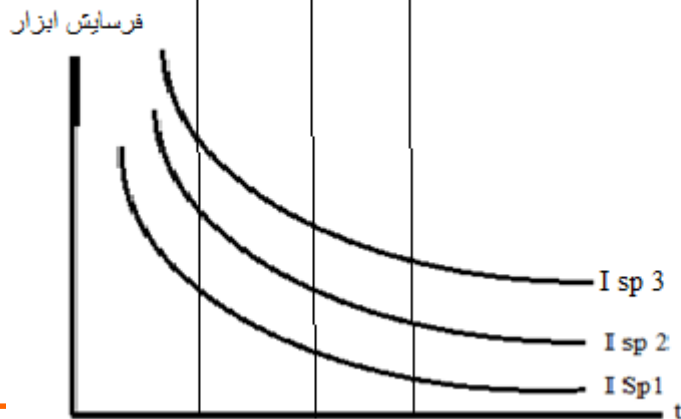
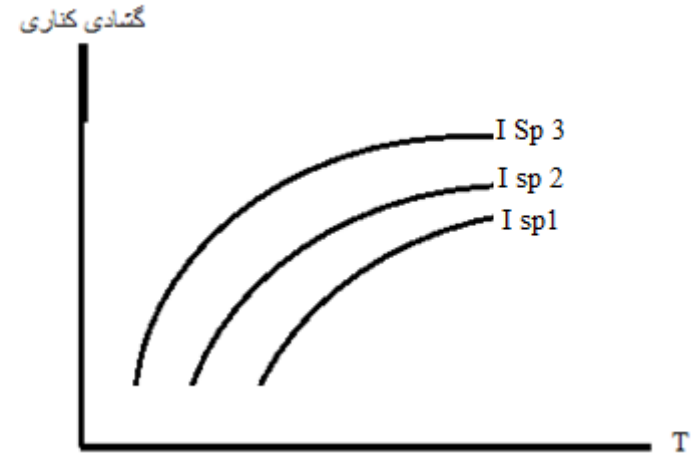
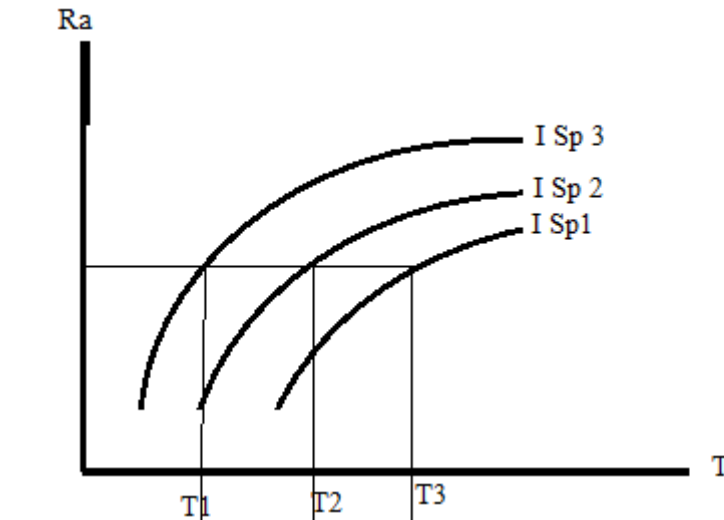
گشادی کناری





تنظیم پارامترهای ماشین کاری در *Finishing*

۱- در *Finishing* پارامترهای مهم عبارتند از صافی سطح و گشادی کناری اما اصل را بر **صافی سطح** می گذاریم زیرا گشادی کناری را با کوچک تر کردن ابزار می توانیم کنترل نماییم.





با تشکر از توجه شما