

## کیفیت سطح

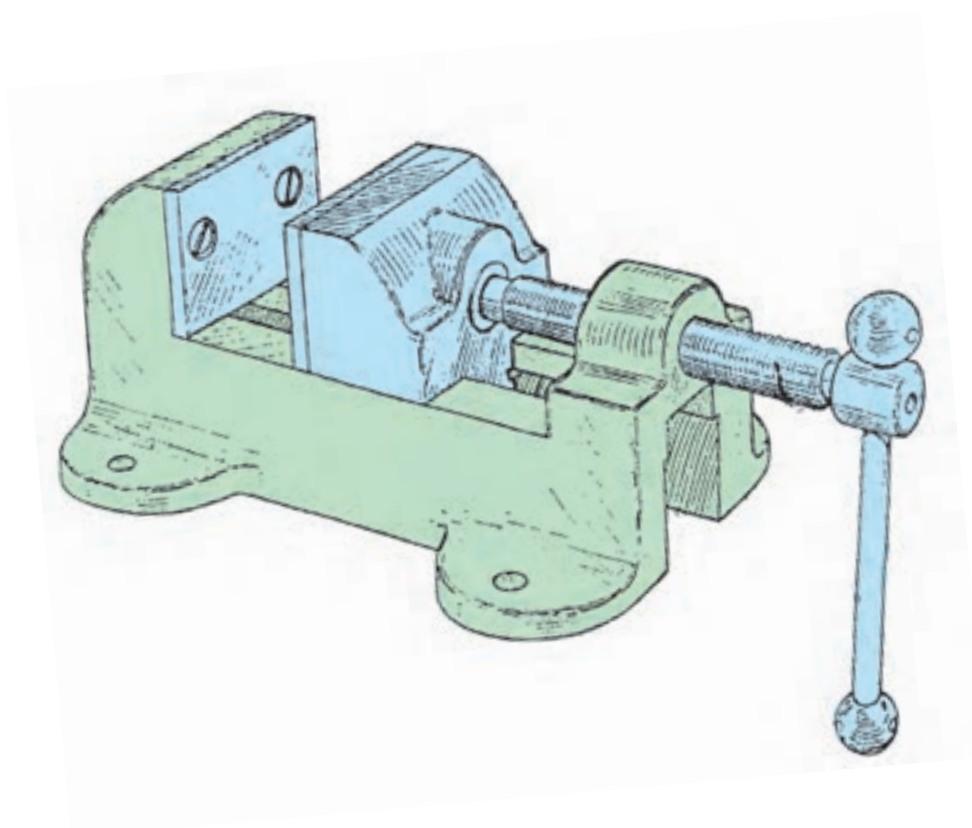
هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- روش تعیین زبری Ra را معرفی کند.
- روش تعیین زبری Rz را شرح دهد.
- مقدار Rz یا Ra را برای روش‌های مختلف تولید از جدول استخراج کند.

## ۷- کیفیت سطح

### ۷-۱- مقدمه

به شکل ۷-۱ نگاه کنید. در این شکل یک گیره رومیزی که شامل قطعات گوناگونی از قبیل پیچ، مهره، فنک متحرک، بدنه و ... است، ملاحظه می‌شود. هریک از این قطعات به روش مخصوص تولید می‌شود و



شکل ۷-۱

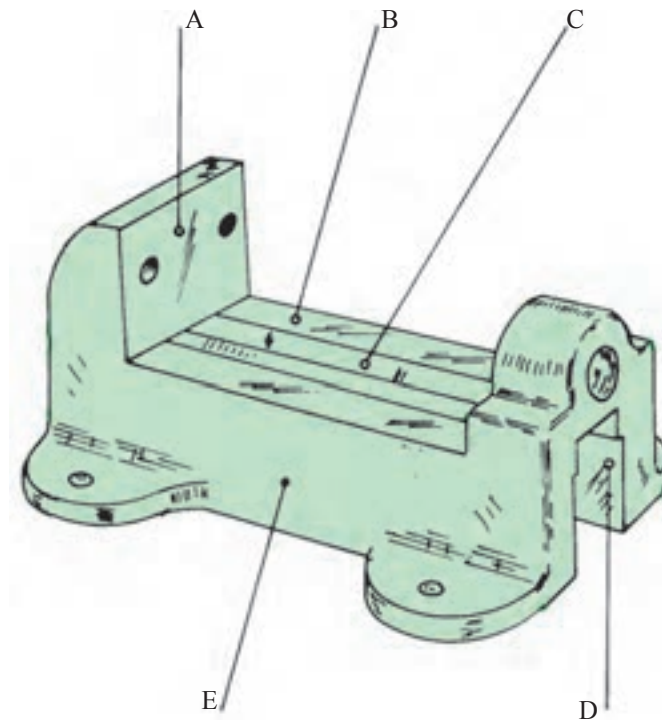
از نظر پرداخت، سطوح مختلفی دارد.

سؤال مهم: آیا لازم است تمام سطوح موجود در یک

قطعه به یک اندازه پرداخت شوند؟ برای یافتن پاسخ شکل ۷-۲ را نگاه کنید.

در این شکل بدنه‌ی گیره را به تنهایی می‌بینید. برای ساخت

این قطعه ابتدا از عملیات ریخته‌گری استفاده شده سپس با انجام عملیات ماشین‌کاری بر روی آن، تکمیل و برای استفاده آماده شده است.



شکل ۷-۲

می‌ماند؛ «البته ممکن است طراح، دستوری مبنی بر این که سطح حتی‌الامکان تمیزتر ریخته‌گری شود، داده باشد».

همان‌طور که ملاحظه شد، سطوح یادشده با دقت‌های مختلفی از نظر پرداخت ساخته می‌شوند. پس یک نکته‌ی مهم صنعتی آن است که سطوح را با دقتی در حد لزوم پرداخت نمایند، زیرا پرداخت زیادتر از حد نیاز، باعث صرف وقت و هزینه‌ی بیش‌تر است که این در نهایت باعث بالا رفتن قیمت تولید می‌شود؛ ضمن آن که فایده‌ای هم ندارد. به عبارت دیگر، در صنعت هر سطح تا آن اندازه پرداخت می‌شود که بتواند کار مورد نظر را با دقت لازم انجام دهد.

با توجه به آنچه گذشت، با مشاهده‌ی یک سطح خواهید دید که از پرداخت معینی برخوردار است و به‌عکس، می‌توان گفت که آن سطح دارای زبری معینی است.

با اندکی دقت ملاحظه می‌کنید که روی این قطعه سطوح

مختلفی را می‌توان تشخیص داد:

– سطح A نیاز به ماشین‌کاری دارد، زیرا باید نسبت به سطح

B گونیا شود؛ البته پرداخت زیادی را لازم ندارد، چون قسمت آج خورده‌ی فک روی آن نصب می‌شود.

– سطح B باید با دقت پرداخت شود تا فک متحرک

به راحتی بلغزد.

– سطح C به علت آن که یک سطح راهنما است، نیاز به

ماشین‌کاری و پرداخت خوب دارد.

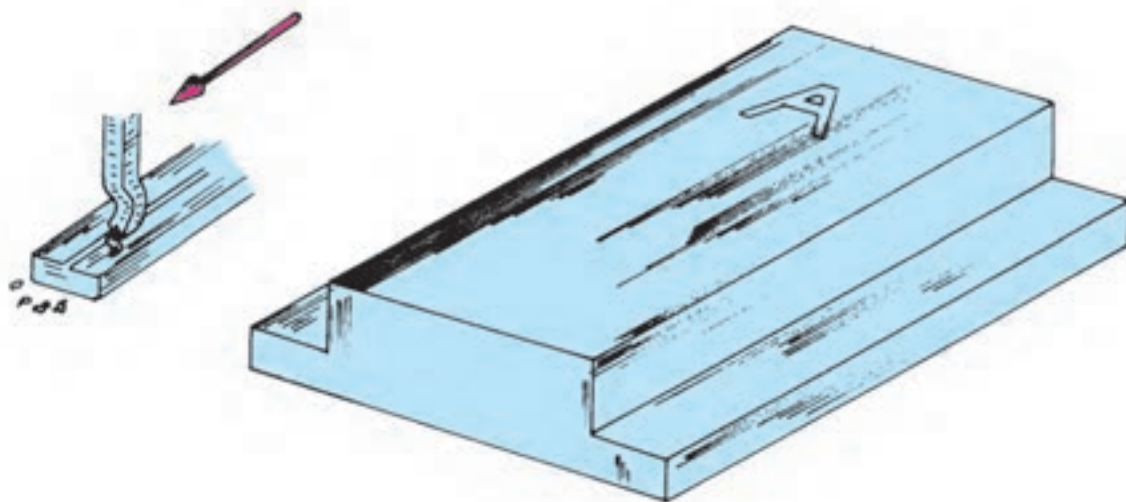
– سطح D نیز به صورت اولیه «حاصل از ریخته‌گری»

باقی خواهد ماند؛ البته ممکن است در صورت لزوم اندکی خشن‌تراشی شود.

– سطح E به همان صورت حاصل از ریخته‌گری باقی

در شکل ۷-۳ قطعه‌ای را ملاحظه می‌کنید که در آن سطح A به روش صفحه‌تراشی تولید شده است.

در صنعت معمول است که برای سطوح مختلف درجات معینی از زبری را قائل می‌شوند تا بتوان آن‌ها را از نظر صافی و پرداختی با یک‌دیگر مقایسه نمود.

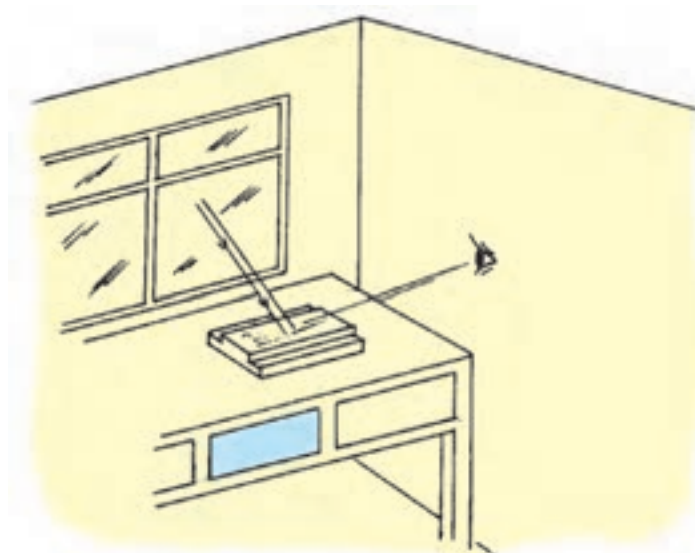


شکل ۷-۳

در این جا خاطر نشان می‌شود که چون براده‌برداری از سطح باید به وسیله‌ی ابزار صورت گیرد و عمل این ابزار در نهایت کندن ذرات با اندازه‌های متفاوت از سطح مورد نظر است، ایجاد پستی و بلندی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. البته این پستی و بلندی با کوچک شدن اندازه‌ی ذرات کم خواهد شد؛ با این همه، حتی اگر براده‌ها آن قدر ریز باشند که با چشم دیده نشوند، باز هم پستی و بلندی به وجود می‌آید؛ به دیگر سخن، امکان ندارد که سطحی مطلقاً صاف به دست آورد.

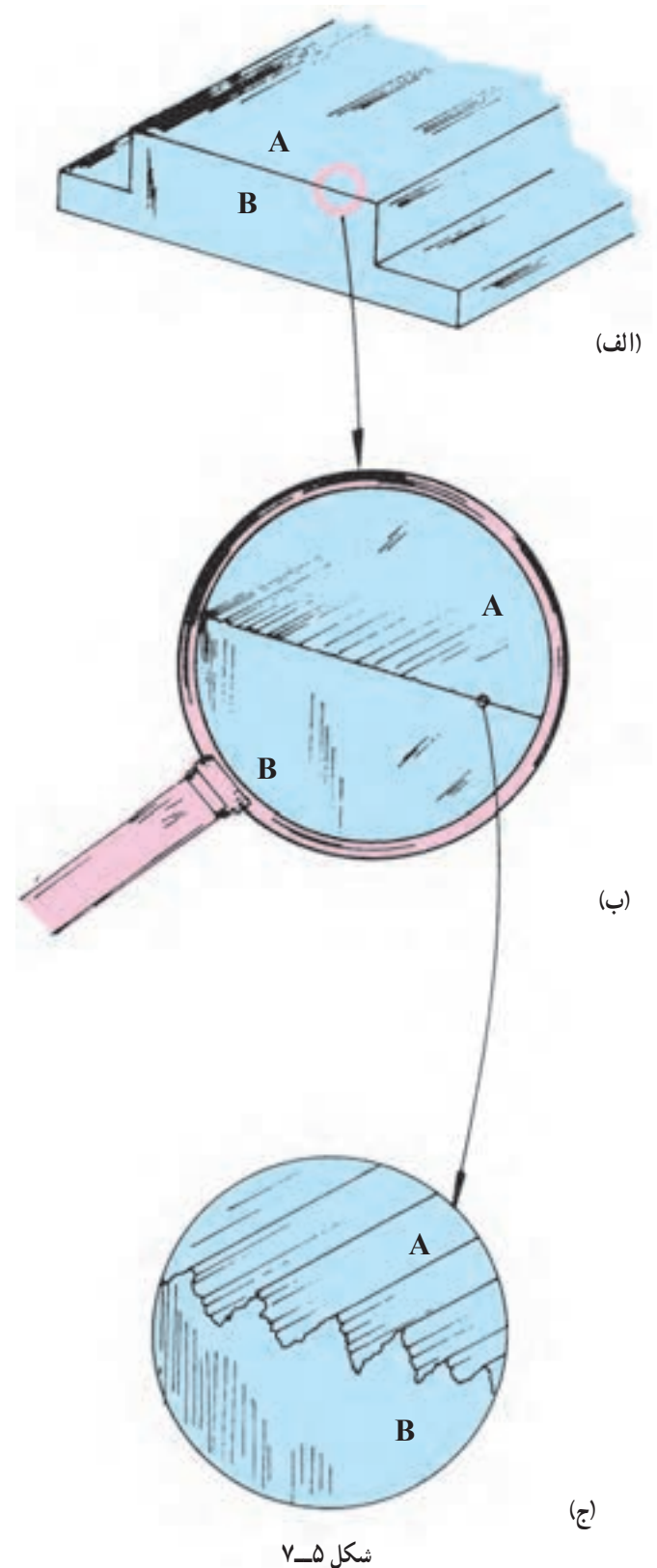
در این شکل با رسم فلش، جهت براده‌برداری مشخص شده است. شیارهای بسیار ظریف حاصل از عمل رنده را در اصطلاح «جهت خواب ابزار» می‌نامند که در حقیقت همان جهت تولید است.

اگر برای تولید این سطح بهترین وضعیت را در نظر بگیریم، باز هم جهت براده‌برداری یا خواب ابزار را می‌توان با چشم دید؛ به علاوه اگر ناخن انگشت را به ملایمت روی سطح بکشید، خواب ابزار احساس خواهد شد (شکل ۷-۴).



شکل ۷-۴

اگر به وسیله ذره بین پستی و بلندی موجود بر سطح را حدود  $20^\circ$  برابر بزرگ کنیم، تصویری مانند شکل ۷-۵-ب مشاهده خواهد شد.



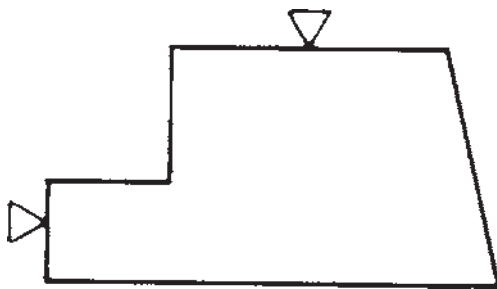
حال اگر به وسیله میکروسکوپ این کار را انجام دهیم، شکل ۷-۵-ج حاصل خواهد شد.

این شکل با حدود بزرگ‌نمایی  $50^\circ$  برابر حاصل شده است. به این ترتیب، می‌بینید که سطح به ظاهر صاف و پرداخت شده ممکن است تا چه اندازه دارای ناهمواری باشد. در این جا به یک نکته‌ی مهم توجه کنید که «انتخاب مقطع برای بزرگ‌نمایی، عمود بر جهت تولید صورت گرفته است». در شکل ۷-۶ تصویر بزرگ شده‌ی مقطع از جلو نشان داده می‌شود.



شکل ۷-۶

اکنون باید دید که چگونه میزان پرداخت سطح را مشخص می‌کنیم؛ یعنی «در نقشه نمایش می‌دهیم». در استانداردهای قدیمی استفاده از علائم مثلثی رایج بوده است؛ مثلاً، با تقسیم میزان پرداخت به چهار مرحله، این کار صورت می‌گرفت. برای مثال، اگر خطوط حاصل از تولید سطحی با چشم مشاهده و با دست حس می‌گردید، گفته می‌شد که سطح خشن است و اگر چنین سطحی با براده‌برداری به دست می‌آمد، از یک مثلث برای مشخص کردن آن استفاده می‌شد. (در ادامه در این باره توضیح بیشتر داده می‌شود). در شکل ۷-۷ نمونه‌ای از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷-۷

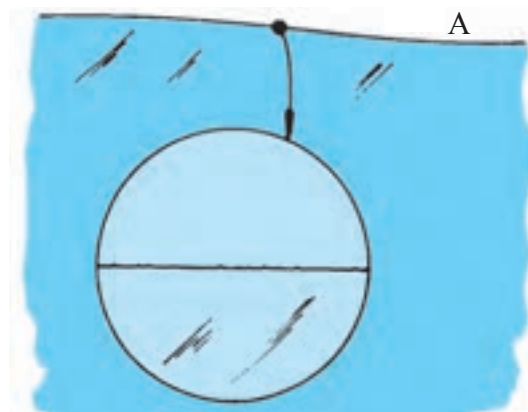
سطح A در عین آن که مطابق نمونه دارای پرداخت مناسب است، در اندازه‌ی بزرگ موج و ناهمواری دارد. به این ترتیب، درمی‌یابید که باید وضعیت کلی سطح از نظر هندسی را با یک علامت، و پرداخت قسمت‌های جزئی را با علامتی دیگر معین کرد.

در بخش تولرانس‌های هندسی، وضعیت کلی سطح از نظر ناهمواری بررسی خواهد شد، اما در این جا که موضوع پرداخت سطح مطرح است باید نمونه‌های کوچک را بررسی کرد.

براساس پیشنهاد ISO برای اندازه‌گیری میزان زبری، نمونه‌هایی از سطح را عمود بر جهت خواب ابزار یا تولید، انتخاب می‌کنیم و سنجش را براساس آن انجام می‌دهیم. اندازه‌ی این نمونه‌ها در جدول ۷-۱ مشخص شده است. بدیهی است هرچه پرداخت‌ها ظریف‌تر باشند باید از نمونه‌های کوچک‌تر استفاده کرد.

با اندکی توجه به این تقسیم‌بندی فوراً درمی‌یابیم که تقسیم‌بندی پرداخت سطح به چهار مرحله، برای کارهای مختلف صنعت، مطلقاً گویا و کافی نیست؛ به همین منظور در استاندارد ISO، ۱۲ مرحله برای پرداخت پیشنهاد شده است.

اینک به نکته‌ی دیگری توجه کنید: هر سطح بزرگ، در عین پرداخت، ممکن است دارای ناهمواری یا موج باشد. به شکل ۷-۸ دقت کنید.



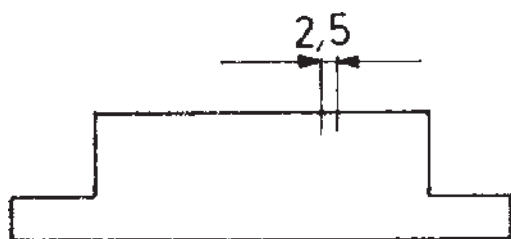
شکل ۷-۸

جدول ۷-۱- مربوط به طول نمونه‌های مورد آزمایش

L طول نمونه‌ی آزمایش بر حسب میلی‌متر	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۸	۲/۵	۸
--------------------------------------	------	------	-----	-----	---

۷-۲-۱- تعریف زبری سطح Ra: Ra عبارت است

از متوسط ارتفاع خشنی سطح. برای روشن شدن مطلب به شکل ۷-۹ نگاه کنید.



شکل ۷-۹

۷-۲- معیارهای تعیین زبری سطح

مهم‌ترین معیارهای تعیین زبری سطح عبارت‌اند از:  
الف) میانگین زبری: که با علامت Ra مشخص می‌شود.  
ب) میانگین بلندترین ارتفاع‌های زبری: که در پنج نمونه و با RZ مشخص می‌شود.

بدین ترتیب، زبری سطح را می‌توان با روش‌های مختلف نشان داد. دو روش یاد شده، روش‌هایی است که در کشورهای مختلف به کار می‌رود؛ به طوری که برخی از نقشه‌ها با روش Ra و برخی با RZ علامت‌گذاری می‌شود. اینک به اختصار هریک را شرح می‌دهیم.

میکروسکوپ طول نمونه را بزرگ می‌کنیم که در این صورت، شکلی مانند  $\gamma-10$  ملاحظه می‌شود.

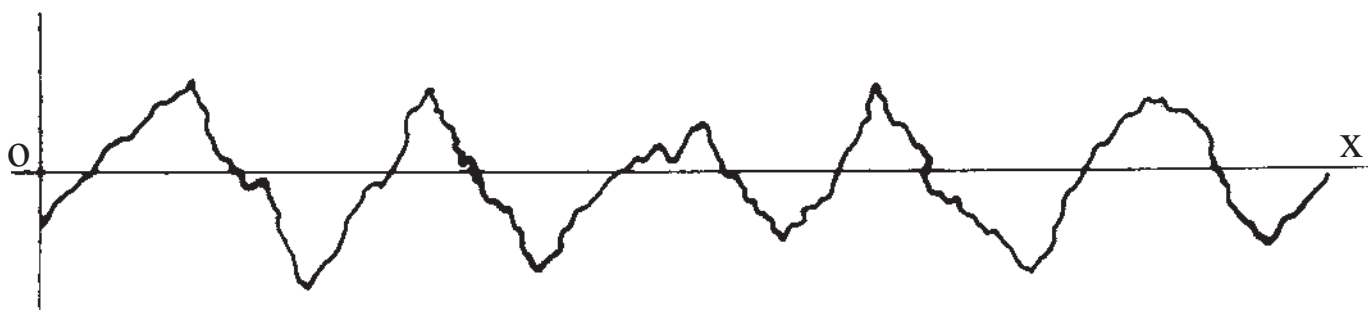
در این شکل نمونه‌ای دیده می‌شود که طول آن  $2/5$  انتخاب شده است. بدیهی است در این نمونه پستی و بلندی‌ها با چشم غیر مسلح مشخص نیست؛ پس با وسیله‌ای مانند ذره‌بین قوی یا



شکل  $\gamma-10$

اختیار می‌شود که در حد متوسط پستی و بلندی‌ها قرار گیرد. در شکل  $\gamma-11$  خط را با نام  $OX$  ترسیم کردیم.

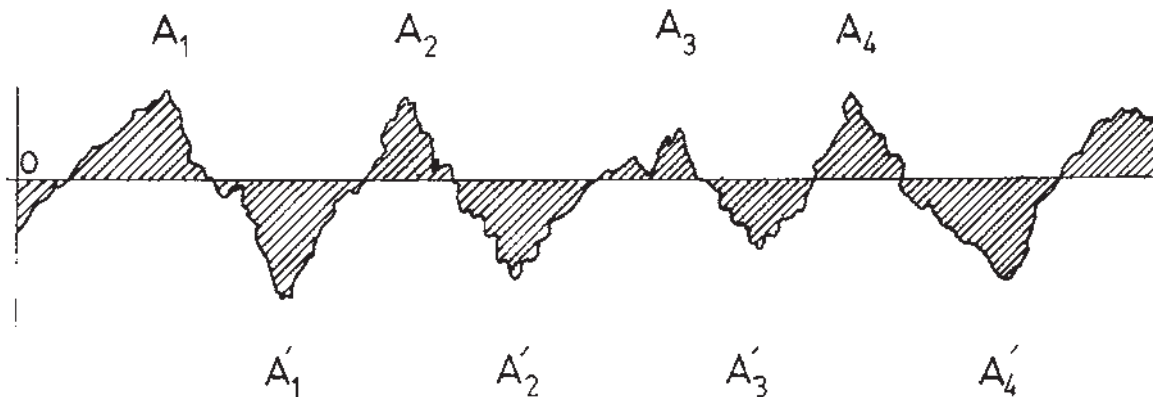
در این شکل می‌توان خطی را به طور تقریب موازی با جهت عمومی سطح در نظر گرفت. به طور دقیق‌تر این خط چنان



شکل  $\gamma-11$

پایین خط مساوی باشند (شکل  $\gamma-12$ ).

اضافه می‌شود که خط  $OX$  چنان رسم شده که جمع کل سطوح هاشور خورده‌ی بالایی خط با سطوح هاشور خورده‌ی

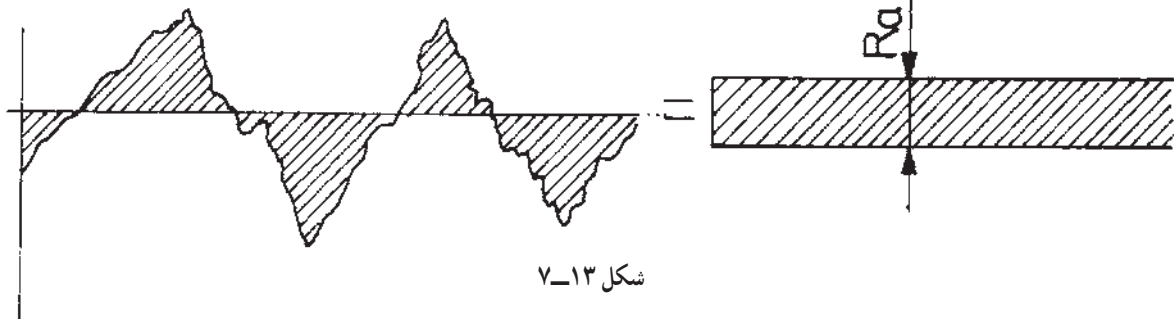


شکل  $\gamma-12$

به این ترتیب، می توان نوشت :

$$A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \dots = A'_1 \cdot A'_2 \cdot A'_3 \cdot A'_4 \dots$$

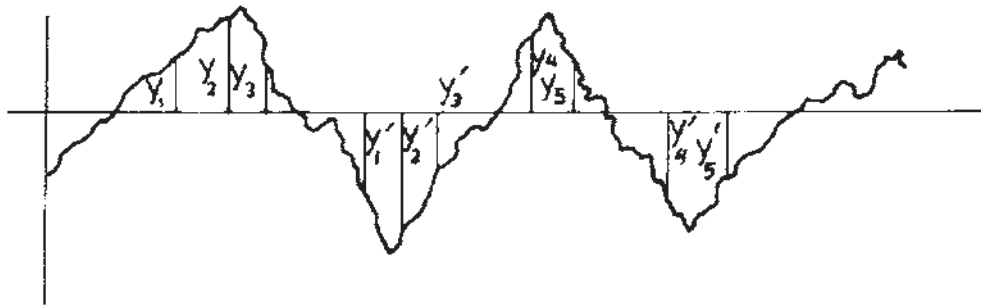
مجموعه‌ی سطوح یاد شده را می توان به صورت نواری با عرض یک نواخت و طول OX درآورد (شکل ۷-۱۳).



شکل ۷-۱۳

نوار می تواند دقیقاً معرف میزان پرداخت سطح باشد، زیرا هرچه عرض آن کم تر شود سطح، پرداخت تر خواهد بود. این مطلب را به زبان ریاضی هم می توان بیان کرد (به شکل ۷-۱۴ نگاه کنید).

با اندکی دقت درمی یابیم که عرض این مستطیل باید برابر Ra یا متوسط ارتفاع خشنی (زبری) باشد. روشن است که به سبب بسیار کوچک بودن این عرض باید آن را با واحدی مناسب اندازه گیری کرد. در این جا از واحد میکرون متر (یک میلیونیم متر) استفاده می کنیم. هم چنین مشاهده می شود که عرض این



شکل ۷-۱۴

مانند سطوح موجود در شکل ۷-۱۲ (سطوح موجود در بالا و زیر خط محور) برابر  $27200 \text{ m}^2$  در طول  $2 \text{ mm}$  است؛ بنابراین، مطلوب است محاسبه‌ی  $Ra$  <sup>۱</sup> :

به تعداد ارتفاعات مثبت یعنی  $y_1, y_2, y_3, \dots$  و ارتفاعات منفی یعنی  $y'_1, y'_2, y'_3, \dots$  اندازه گیری می شود؛ آن گاه معدل حسابی آنها بدون در نظر گرفتن علامت منفی برای  $y'_1, y'_2, \dots$  به دست می آید. این معدل حسابی، همان  $Ra$  است :

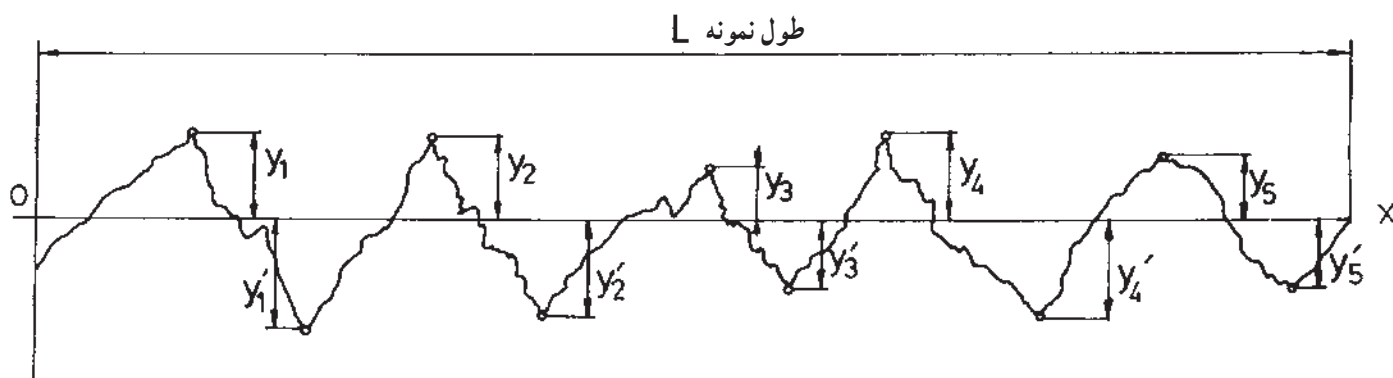
$$Ra = \frac{\text{مجموعه‌ی سطوح}}{Lm} = \frac{27200}{2000} = 27/2 \text{ m}$$

$$Ra = \frac{y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \dots y_n \cdot y'_1 \cdot y'_2 \cdot y'_3 \dots y'_n}{2n}$$

۲-۲-۷- تعریف زبری سطح Rz: عبارت است از معدل بلندترین ارتفاع های زبری که آن را به وسیله‌ی دیاگرام و به صورت های گوناگون می توان معین کرد. به شکل ۷-۱۵ دقت کنید.

برای محاسبه‌ی دقیق تر می توان کل مساحت ها را در یک طول معین (Lm) اندازه گیری و بر طول Lm تقسیم کرد تا متوسط عرض نوار به دست آید. مثال: مجموعه‌ی سطوح اندازه گیری شده در یک آزمایش،

۱- دستگاه های اندازه گیری، مقدار Ra یا Rz یا پارامترهای دیگر را به طور اتوماتیک اندازه گیری می کنند.

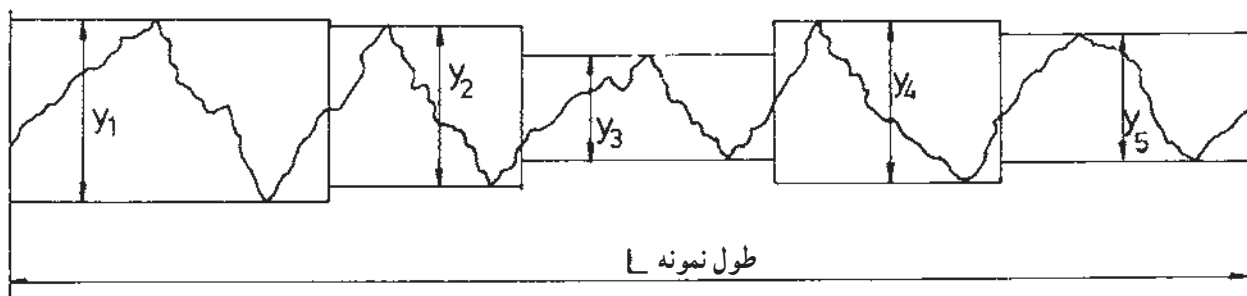


شکل ۷-۱۵

«در این جا توجه کنید که لازم نیست خط  $OX$  حتماً در وسط باشد؛ بلکه کافی است آن را موازی با جهت عمومی سطح انتخاب کنیم». بدیهی است که از پستی و بلندی‌های موجود در یک نمونه، بلندترین آن‌ها به تعداد ۱۰ عدد (پنج بلندی و پنج گودی) انتخاب می‌شود. این مطلب را می‌توان با تعبیر شکل ۷-۱۶ هم بیان کرد.

با در نظر گرفتن خط  $OX$  در طول نمونه می‌توان ۵ ارتفاع  $y_1, y_2, \dots$  یا بلندی نسبت به  $OX$  و پنج عمق ناصافی  $y'_1, y'_2, \dots$  را اندازه‌گیری کرد و معدل آن‌ها را به این ترتیب به دست آورد (بدون در نظر گرفتن علامت منفی):

$$Rz = \frac{y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot y_4 \cdot y_5 \cdot y'_1 \cdot y'_2 \cdot y'_3 \cdot y'_4 \cdot y'_5}{5}$$

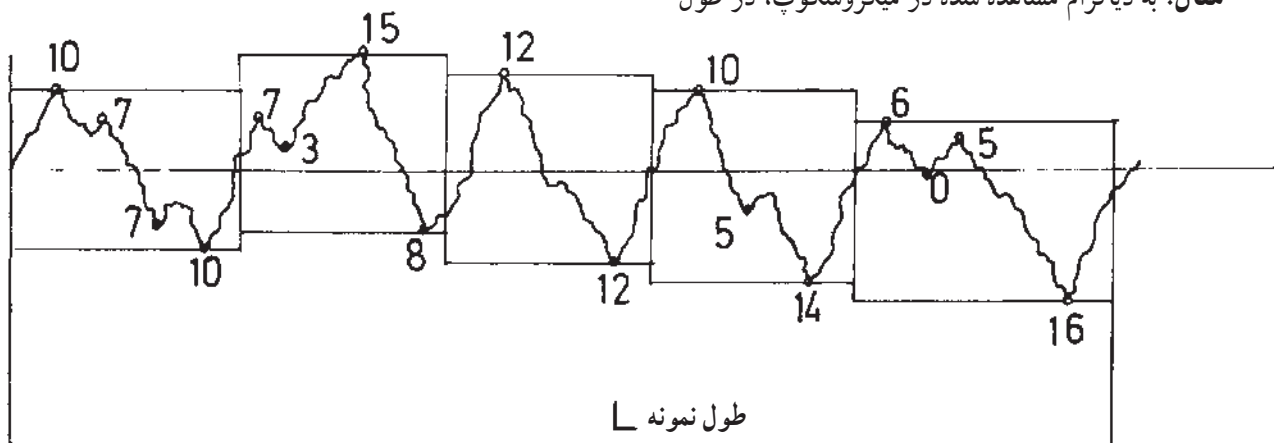


شکل ۷-۱۶

نمونه توجه کنید و به وسیله‌ی آن  $Rz$  را به دست آورید (شکل ۷-۱۷).

پس:  $Rz = \frac{y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot y_4 \cdot y_5}{5}$

مثال: به دیاگرام مشاهده شده در میکروسکوپ، در طول



شکل ۷-۱۷



$$Rz = \frac{19. 21. 23. 25. 14}{5} = 20/4$$

دقت کنید که برخی از اعداد موجود روی دیاگرام استفاده نشده‌اند. به‌طور معمول این عدد همراه علامت  $\sqrt{\quad}$  به صورت  $\sqrt{Rz} = 20/4$  نوشته می‌شود.<sup>۱</sup>

البته اعداد داده شده در این دیاگرام برحسب میکرون و از سطح مبنای OX است، «بدون در نظر گرفتن علامت». اکنون در این دیاگرام که در طول نمونه‌ی L ترسیم شده است، با پنج تقسیم‌بندی که برطبق شکل ۱۶-۷ صورت گرفته بلندترین ارتفاعات خشنی در نظر گرفته می‌شود:

### تمرین

- ۱- آیا لازم است تمام سطوح یک مجموعه به یک میزان پرداخت شوند؟ (مجموعه مانند گیره، جک و...).
- ۲- هر سطح را تا چه میزان باید پرداخت کرد؟
- ۳- چرا در سطح، پستی و بلندی به‌وجود می‌آید؟
- ۴- آیا می‌توان یک سطح را به‌طور مطلق پرداخت کرد؟
- ۵- با ترسیم یک شکل دستی مفهوم پستی و بلندی را توضیح دهید.
- ۶- در استانداردهای قدیمی پرداخت سطح در نقشه چگونه مشخص می‌شد؟
- ۷- آیا موج‌دار بودن یک سطح همان مفهوم پرداخت سطح را دارد؟
- ۸- در اندازه‌گیری پرداخت سطح از نمونه‌های کوچک استفاده می‌شود یا بزرگ؟ چرا؟
- ۹- طول نمونه‌ها چه قدر است؟
- ۱۰- برای پرداخت‌های ظریف‌تر، طول نمونه را چگونه انتخاب می‌کنند؟
- ۱۱- معیارهای تعیین زبری چیست؟
- ۱۲- Ra را تعریف کنید (با ترسیم شکل دستی).
- ۱۳- ترسیم خط متوسط برای پستی و بلندی‌ها چگونه انجام می‌شود؟
- ۱۴- رابطه‌ی بین سطوح جزئی چیست؟
- ۱۵- واحد اندازه‌گیری Ra چیست؟
- ۱۶- با ترسیم شکل دستی روش محاسبه‌ی Ra را با فرمول بیان کنید.
- ۱۷- آیا برای اندازه‌گیری Ra باید همیشه طول معینی را در نظر گرفت؟
- ۱۸- برای محاسبه‌ی دقیق Ra چه باید کرد؟
- ۱۹- Rz را تعریف کنید (با ترسیم شکل دستی).
- ۲۰- رابطه‌ی ریاضی برای تعیین Rz چیست؟ آن را به چند صورت می‌توان نوشت؟ با ترسیم شکل دستی

توضیح دهید.

۱- Rz را با تعابیر دیاگرامی دیگر هم می‌توان بیان کرد. آنچه در آینده بررسی می‌کنیم روش Ra در نمایش پرداخت سطح است.