

帶式砂光機之砂磨試驗

陳 欣 欣 黃 彥 三

摘 要

本研究乃探討不同之砂紙粒度、砂磨送材速度對材面之影響。試材選用拉敏、橡膠木，先以自動鉋機鉋削，再以#80、#100、#120、#150、#180、五種粒號砂紙，5 m/min，7.5 m/min，10 m/min三種送材速度加以砂磨。試驗結果如下：

1. 試材經鉋削後，材面光滑，但卻留有刀痕，唯刀痕經過一次砂磨後，即可將之消除。
2. 試材經砂磨後，材面平整，且具有厚度規制之效果，但原來光滑之鉋削面卻出現起毛現象。
3. 砂磨時砂紙愈細（#180），送材度愈慢（5 m/min），材面狀態最佳，砂紙粗（#80），送材速度快（10 m/min），材面狀態最差；然而砂紙粒度較粗而送材速度較慢者，其材面粗糙度與砂紙粒度較細，送材速度較快者相近，因此視實際需要，將砂紙粒度與砂磨送材速度適當配合，可產生較佳之砂磨效果。
4. 砂痕及木理清晰度在樹種間之差異不大，而起毛程度在樹種間差異明顯，拉敏起毛較不嚴重，而橡膠木起毛較嚴重。

關鍵詞：砂磨、起毛、砂痕、粗糙度、拉敏、橡膠木、接觸輪。

陳欣欣、黃彥三，1988，帶式砂光機之砂磨試驗，林業試驗所，研究報告季刊 3(3):147-160。

Studies on Wide Belt Sanding of Wood

Shin-Shin Chen, Yan-San Huang

[Summary]

The purpose of this study is to investigate the effect on the wood surface by different grit of sand paper and feed speed of sanding machine.

Ramin and Rubberwood were used in this study. They were planed through single surface planer and then sanded by #80, #100, #120, #150, and #180 grit sand paper individually with Feed speed of sanding machine at 5 m/min, 7.5 m/min, and 10 m/min.

The major results of this experiment were:

1. The knife marks normally occurred at wood surface after planing. The knife marks was sanded off, however, by one sanding.
2. The wood thickness was adjusted and corrected by sanding, but the wood surface became somewhat fuzzy.
3. The best sanding results were obtained by using #180 sand paper at 5 m/min feed speed; that is, to use the finest sand paper at a slower feeding speed. On the contrary, a coarser sand paper associated with a faster feed speed would decrease the surface quality of sanding operation. In fact how to get the best sanding effect is depending on the economical and flexible choice of grit of sand paper and feed speed.
4. On sanding at the same condition, the scratch on wood surface and the clearance of grain were not significantly different between Ramin and Rubberwood. Rubberwood showed

1988年6月送審

1988年8月通過

主審委員：唐讓雷
翟思湧

much more severe fuzzy surface than Ramin, however.

Key words: sanding, fuzzy, scratch, roughness, Ramin, Rubberwood, contact roller.

S. S. Chen and Y. S. Huang, 1988. Studies on wide belt sanding of wood. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 3(3):147-160.

一、緒 言

在木材之各種切削加工中，砂光具特殊而重要之地位，加工面各種缺點及刀痕之消除，材面之修飾與美化，均須依賴砂光作業。砂光之目的為使材面平整，包括規制加工材之厚度及加工面之修飾等，以作為木製品塗裝前之準備工作。

木材於鉋削加工時，由於不同之送材速度，而產生不同寬度之刀痕；鉋削方向與木材纖維走向相逆時，產生許多加工缺點，為了清除此等材面之不平整及加工缺點，因此木材於鉋削加工後必須經過砂光作業。

砂紙粒度，砂磨送材速度及砂磨次數等對材面之平整有很大的影響。由於一般工廠對於砂光作業缺少系統性的認識，操作標準難以訂定，因此如何決定一經濟，便捷之砂磨方法，以有效的消除刀痕，加工缺點，而使材面平整、美觀，為目前加工業急待解決之問題。本試驗乃針對此一問題，採用拉敏、橡膠木以探討不同之砂紙粒度，砂磨送材速度對材面所產生之效果。

二、試驗材料

(一)試材：本試驗之試材選用南洋材拉敏(Ramin; 學名 *Gonystylus SPP.*) 及橡膠木 (Rubber Wood; 學名 *Hevea brasiliensis*) 之人工乾燥材，試材規格為3.5cm×3.5cm×38cm。

(二)砂帶：採用西德進口VSM砂帶，分別使用粒號#80、#100、#120、#150、#180等五種規格。其砂粒材質為熔融氧化鋁。

三、試驗方法

(一)試材之鉋削：

將試材使用5馬力之自動鉋機鉋削，自動鉋之刀座(Cutter head)直徑為10cm，轉速4500 r.p.m.，送材速度則採用16m/min，12m/min及9.5m/min三種。鉋削後之試材以粗糙度測定儀(Bendix Microcorder Profile Roughness System)測定鉋削時不同送材速度，順纖維方向之表面粗糙度。

(二)砂粒密度之測定：

將上述五種粒號之砂帶以下列二種方法測定其砂粒密度：

1.將各號砂紙剪取2.5cm×3cm，以印泥轉印於紙上，再以影印法放大1.6倍，讀取單位面積砂粒數目，求其密度。

2.將不同粒度之砂紙置於實體顯微鏡下，以放大倍率25倍觀察，並攝取照片，於照片上計算其密度。

(三)砂光作業：

將鉋削後之試材分成五組，分別以#80、#100、#120、#150、#180等五種不同粒號之砂帶砂磨，砂磨採自動平面帶式砂光機，其砂輪直徑為11cm，轉速為3510 r.p.m.；一般砂帶機分二部分，即接觸輪(contact rollers)及壓板(platen)，如圖1所示，本試驗僅就接觸輪部分加以探討。砂磨送材速度則採用10m/min，7.5m/min，5m/min三種，砂磨量設定為0.3mm。

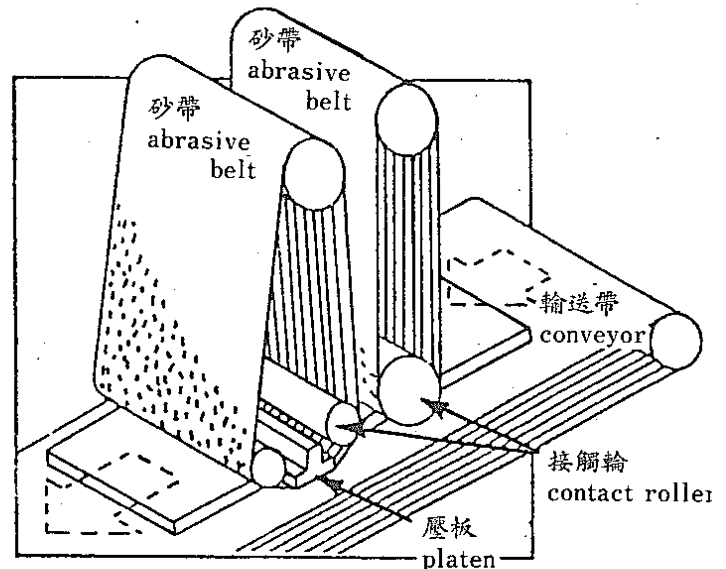


圖1. 平面帶式砂光機
Fig. 1. Wide belt sander

(四)觀察材面狀態：

1.砂痕及木理清晰度：

試材經鉋削加工及砂光作業後，以實體顯微鏡放大六倍觀察材面狀態(野田茂, 1981)，包括砂

痕 (scratch) 及木理清晰度, 並加以照相。由實體顯微鏡之實際觀察及照片之相互對照, 將材面狀態自無缺點至極嚴重區分為五個等級(Davis, E.M. 1962), 茲分述如下:

(1)砂痕: 依砂痕之深淺粗細加以區分如下:

- 等級 1: 無砂痕。如圖 2-a
- 等級 2: 輕微砂痕—砂痕細而淺。如圖 2-b
- 等級 3: 中度砂痕—砂痕細而深。如圖 2-c
- 等級 4: 顯著砂痕—砂痕粗而淺。如圖 2-d
- 等級 5: 極顯著砂痕—砂痕粗且深如圖 2-e

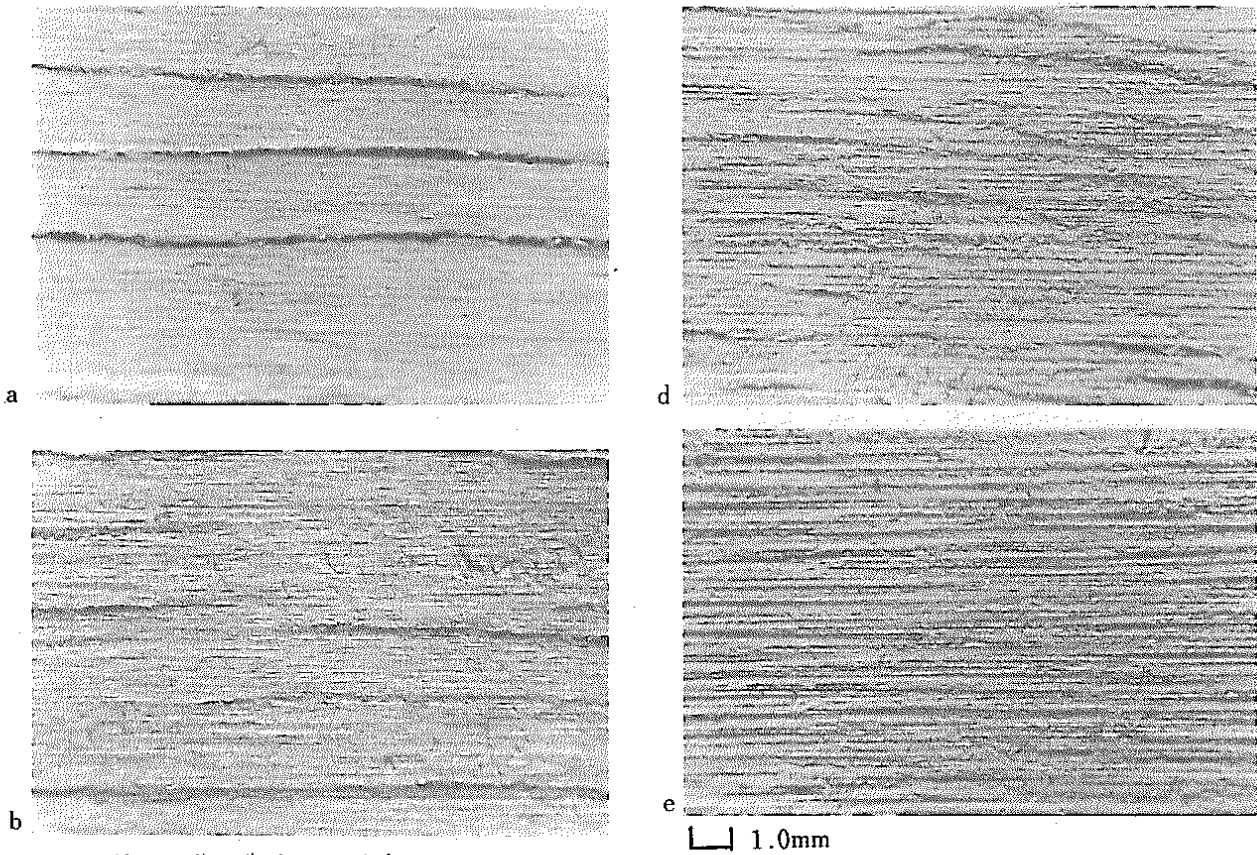


圖2. 材面狀態之觀察——砂痕

Fig. 2. Scratches by grit

(2)木理清晰度: 依導管及全體木理加以區分如下:

- 等級 1: 導管明顯, 木理清晰。如圖 3-a
- 等級 2: 導管輕微磨損, 木理清晰。如圖 3-b
- 等級 3: 導管中度磨損, 木理尚清晰。如圖 3-c
- 等級 4: 導管顯著磨損, 然與砂痕尚可區分。如圖 3-d
- 等級 5: 導管嚴重磨損, 與砂痕分辨不清。如圖 3-e

2.起毛程度:

將試材置於離燈光100cm處, 藉光線之聚集, 由側面觀察起毛狀態(林大九郎), 如圖 4 所示, 並與由實體顯微鏡所攝得之照片互相對照, 而將其依起毛之疏、密、長、短區分為四個等級:

- 等級 1: 材面光滑。如圖 5-a
- 等級 2: 材面輕微起毛, 毛稀而長。如圖 5-b
- 等級 3: 材面中度起毛。如圖 5-c
- 等級 4: 材面嚴重起毛, 毛密而成絨面狀。如圖 5-d

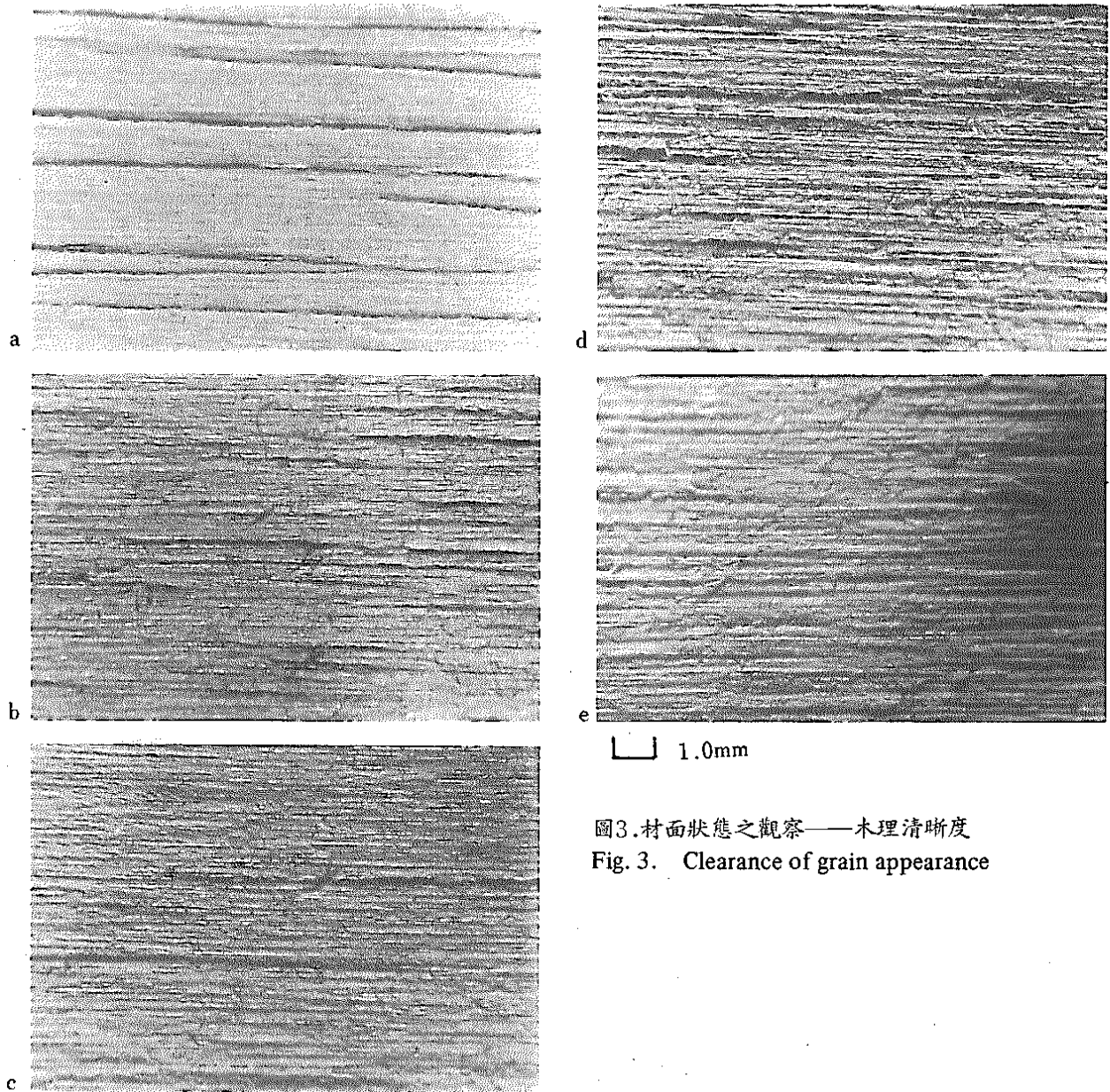


圖3.材面狀態之觀察——木理清晰度
Fig. 3. Clearance of grain appearance

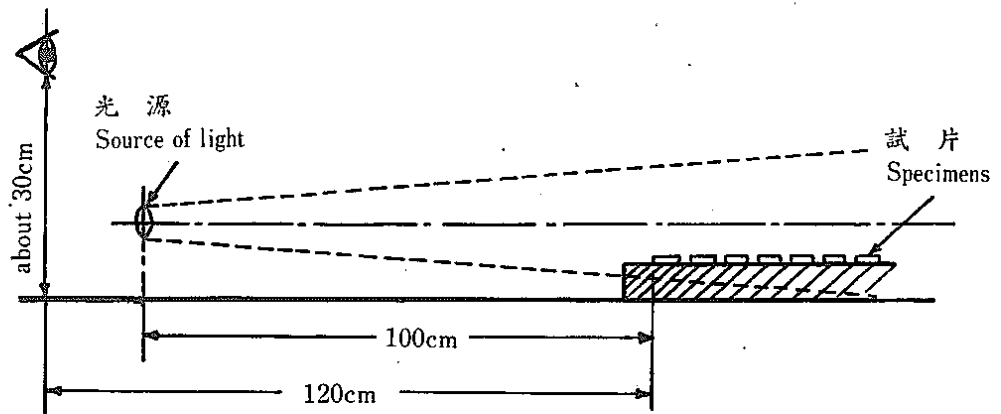


圖4.木理起毛之觀察
Fig. 4. Observation of fuzzy grain

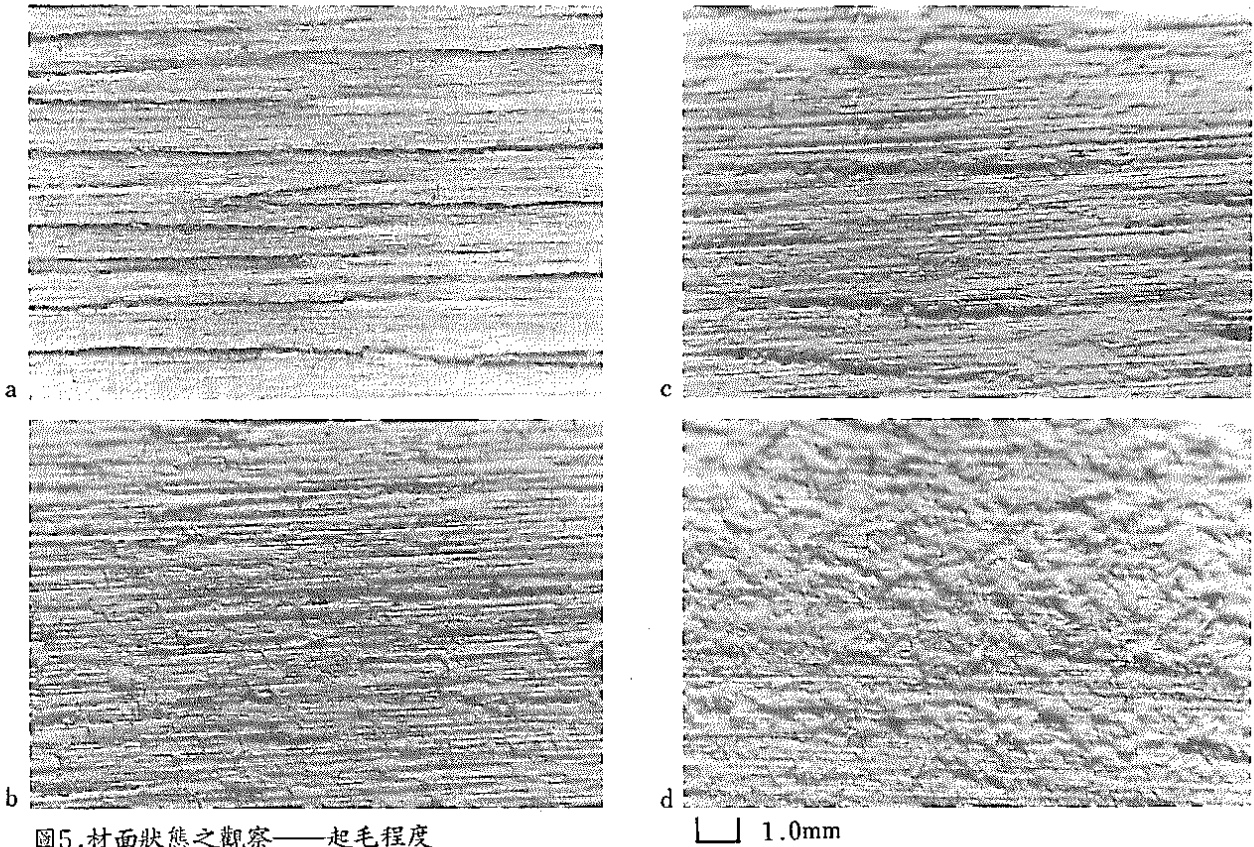


圖5.材面狀態之觀察——起毛程度
Fig. 5. Fuzz by grit

因材面粗糙度之測定：

在砂磨過之試材中，選出砂磨送材速度 7.5m/min之試材，以手持式粗糙度計 Surtronic 10，測定在同一砂磨送材速度下，不同粒號砂帶砂磨試材之表面粗糙度，粗糙度以 Ra 表示；另外再選出 #120砂帶砂磨之試材，比較在同一粒號砂帶砂磨下，不同送材速度之表面粗糙度。

因厚度規制之測定：

為了進一步了解砂磨對加工材厚度規制之效果，乃針對拉敏，以五種粒號之砂紙，送材速度7.5m/min砂磨之，砂磨量設定為 0.3mm，測定砂磨前、後之厚度，並計算其厚度標準差及磨耗量。

四、結果與討論：

(一) 鉋削加工所產生之刀痕：

試材經鉋削加工後，材面光滑，但卻出現刀痕；不同樹種經鉋削後，材面亦有些不同，拉敏之材面較光滑，而橡膠木則有逆木理出現。又鉋削送材速度不同，所產生之刀痕寬度亦不同；送材速度愈慢，刀痕寬度愈窄。

試材經不同送材速度鉋削後，以粗糙度測定儀測定順纖維方向之粗糙度，由記錄紙上可測得不同

送材速度鉋削後所產生之刀痕數 (knife marks)，由此可求出刀痕寬度 (width of knife mark)，將此值作為實驗值，而理論上刀痕寬度可由下列公式求得 (黃彥三，1983)：

$$e = \frac{1000 F}{C \times N}$$

e：刀痕寬度 mm.

C：有效刀數 (本實驗中有效刀數為 1)

F：送材速度 m/min

N：迴轉速 r.p.m.

茲將刀痕寬度之實驗值與理論值列於表 1。

表 1 不同鉋削送材速度之刀痕寬度
Table 1. Width of knife mark in different planing feed speed

鉋削送材速度	1cm 內之刀痕數	刀痕寬度 (mm)	
		實驗值	理論值
16.0m/min	2.75	3.63	3.55
12.0m/min	3.50	2.85	2.66
9.5m/min	4.50	2.22	2.11

由表 1 可看出實驗值與理論值非常接近。

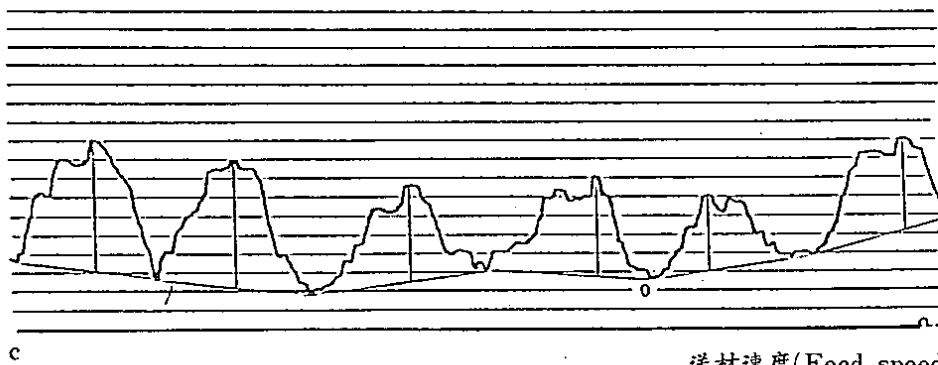
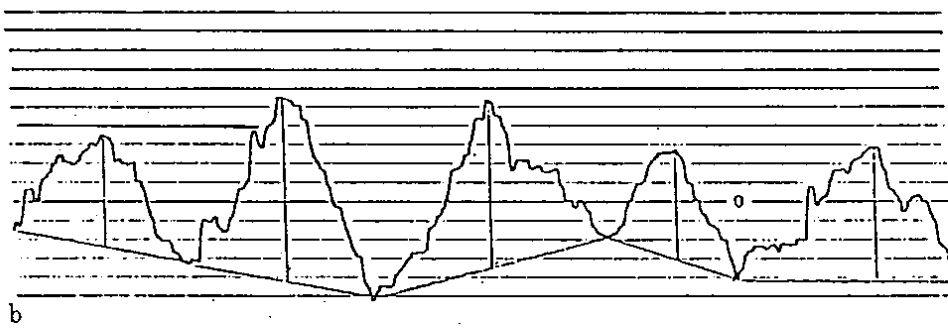
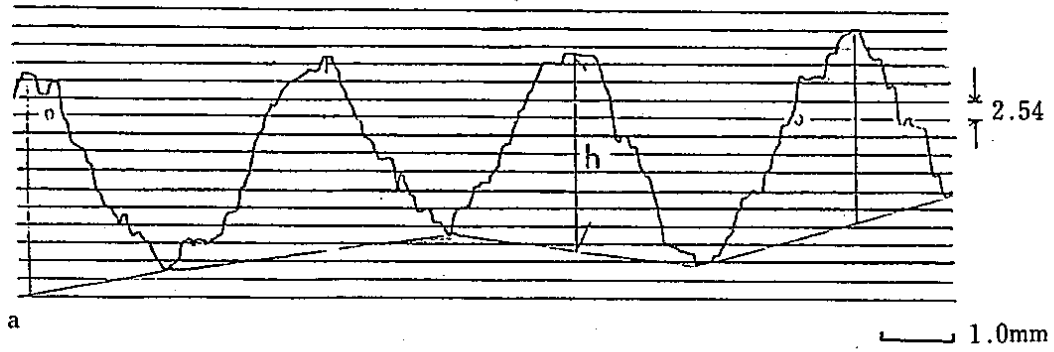
又由粗糙度測定儀所繪之圖，如圖 6 所示，亦可求出刀痕深度 (depth of knife mark)，將之作爲實驗值，而理論上刀痕深度可由下列公式求得：

$$h = \frac{1000e^2}{4D}$$

h : 刀痕深度 μ

e : 刀痕寬度 mm

D : 切削圓直徑 mm.



送材速度(Feed speed)
 a:16m/min
 b:12m/min
 c:9.5m/min

圖6. 鉋削面之刀痕

Fig. 6. Knife marks of planing surface

將拉敏及橡膠木刀痕深度之實驗值與理論值列於表 2。

表 2 不同鉋削送材速度之刀痕深度

Table 2. Depth of knife mark in different planing feed speed

鉋削送材速度	刀 痕 深 度 (μ)		
	實 驗 值		理 論 值
	拉 敏	橡 膠 木	
16.0m/min	23.85	24.54	31.51
12.0m/min	14.69	17.25	17.69
9.5m/min	10.16	10.92	11.13

表 2 中理論值與實驗值有些差異，此乃因受樹種之硬度及鉋刀銳利度之影響。

(二)砂粒密度：

各號砂紙，以印泥轉印於紙上，如圖 7 所示。密度分別為#80：75粒/cm²，#100：128粒/cm²，#120：130粒/cm²，#150：149粒/cm²，#180：172粒/cm²。於實體顯微鏡下攝得之照片如圖 8 所示。其密度分別為 #80：120粒/cm²，#100：160粒/cm²，#120：200粒/cm²，#150：230粒/cm²，#180：350粒/cm²。

由印泥轉印於紙上所求得之砂紙密度與由照片上所求得之砂紙密度有些不同，此乃由於砂紙上之砂粒高低不平，用印泥轉印於紙上時，有些砂粒較低無法印出，致使密度偏小。

(三)砂光作業：

試材經鉋削後，將其分成五組，以五種不同粒號之砂帶砂磨，砂磨後，將各粒號之磨耗量加以平均（中村源一），如表 3 所示：

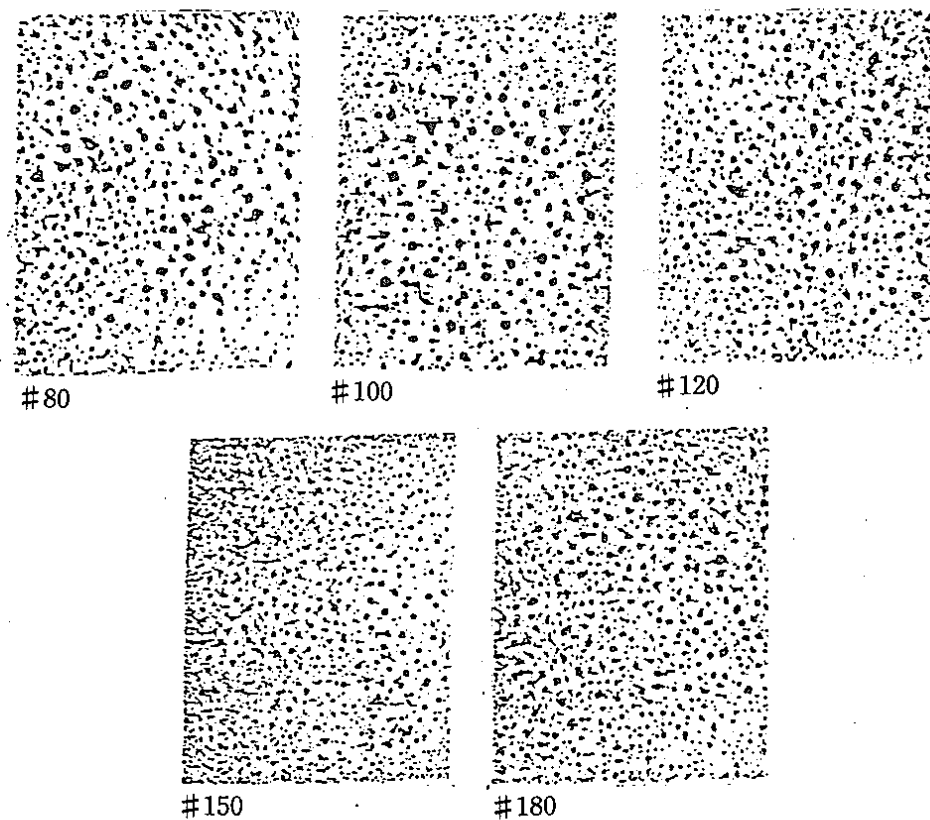


圖 7. 砂粒分佈密度——印泥轉印
Fig. 7. Density of grit distribution - by ink transfer method

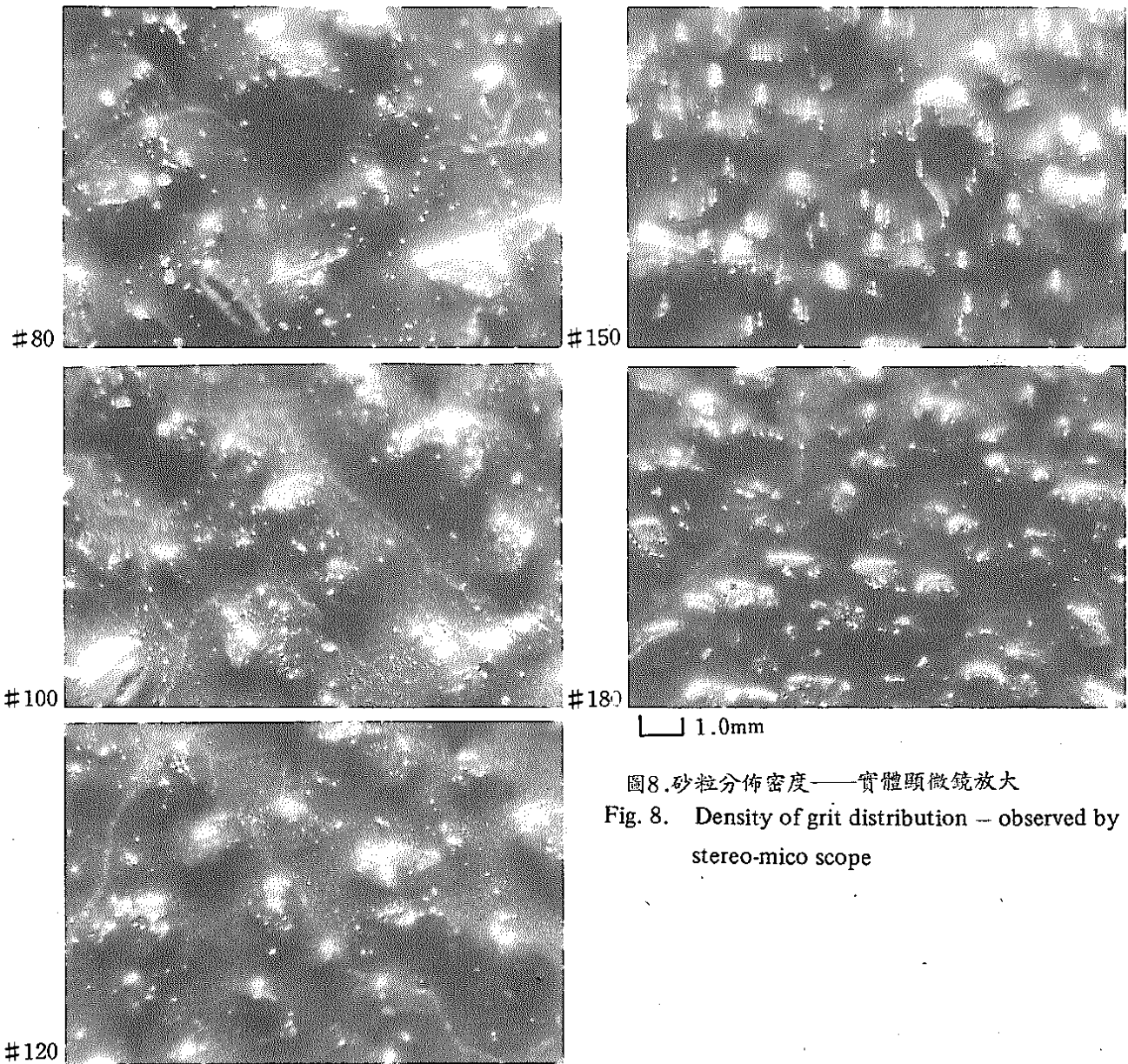


圖8. 砂粒分佈密度——實體顯微鏡放大
 Fig. 8. Density of grit distribution -- observed by stereo-mico scope

表3 試材經砂磨後之磨耗量

Table 3. Amount of abrasion in different species

樹種	砂磨前厚度 (mm)	磨耗量* (mm)
拉敏	32.685±0.994	0.083±0.043
橡膠木	32.682±0.995	0.078±0.055

*磨耗量為五種不同粒號砂帶砂磨後之平均值

鉋削面經過1次砂磨後，無論砂紙粗細及送材速度快慢，刀痕均已消除，但原來光滑之材面，卻

因為砂粒為錐形，使加工面殘留砂痕；而導管則由於被砂粒磨損，材面木理不如鉋削面清晰；又因砂粒呈錐形，於砂磨時會將纖維束殘留下來，而使材面呈起毛現象。試材經砂磨後，依不同之材面狀態加以分等，將其等級作變方分析，由雙向變方分析 (two-way analysis variance) 得知砂紙粒度，砂磨送材速度均對材面之狀態有顯著影響，且砂紙與速度間有交感效應 (interaction) 存在。經由單向變方分析 (one-way analysis of variance) 及鄧肯氏試驗結果，如表4，表5，表6所示。

由表中可看出砂痕及木理清晰度受砂紙粒度及砂磨送材速度之影響，且其差異顯著，而起毛現象則差異不很顯著。又砂紙細 (#180)，送材速度慢

表 4 砂磨試材砂痕等級之鄧肯氏試驗結果

Table 4. Results of Duncan test for grade of scratch after sanding

拉敏 Ramin				橡膠木 Rubber wood			
送材速度 feed speed(m/min)	砂紙粒號 mesh	等級 grade	*	送材速度 feed speed(m/min)	砂紙粒號 mesh	等級 grade	*
10.0	100	5.0	A	10.0	80	5.0	A
10.0	80	4.9	A	10.0	100	5.0	A
10.0	120	4.1	B	10.0	120	4.8	A
7.5	80	3.6	C	7.5	80	4.0	B
7.5	100	3.4	CD	10.0	150	3.7	B
5.0	100	3.1	ED	5.0	80	3.6	BC
5.0	80	3.0	E	7.5	100	3.6	BC
10.0	150	3.0	E	7.5	120	3.2	D
7.5	120	2.6	F	5.0	100	2.9	D
10.0	180	2.6	F	10.0	180	2.7	DE
7.5	150	2.1	G	7.5	150	2.4	EF
5.0	150	2.1	G	5.0	150	2.3	EF
5.0	120	2.0	G	7.5	180	2.3	EF
7.5	180	2.0	G	5.0	180	2.2	F
5.0	180	1.9	G	5.0	120	2.0	F

* 英文字母相同者表示鄧肯氏試驗結果，差異0.05水準不顯著。

表 5 砂磨試材木理清晰度等級之鄧肯氏試驗結果

Table 5. Results of Duncan test for grade of clearance of grain appearance after sanding

拉敏 Ramin				橡膠木 Rubber wood			
送材速度 feed speed(m/min)	砂紙粒號 mesh	等級 grade	*	送材速度 feed speed(m/min)	砂紙粒號 mesh	等級 grade	*
10.0	100	4.9	A	10.0	100	4.7	A
10.0	80	4.7	A	10.0	120	4.1	AB
10.0	120	3.8	B	10.0	80	4.0	AB
7.5	80	3.6	BC	7.5	80	3.8	BC
7.5	100	3.3	BCD	7.5	100	3.7	BCD
5.0	100	3.1	ECD	10.0	150	3.4	BCD
10.0	150	3.1	ECD	5.0	80	3.1	ECD
5.0	80	2.9	EFD	7.5	120	3.0	EFD
7.5	150	2.8	EF	7.5	180	3.0	EFD
7.5	120	2.7	EF	5.0	150	2.7	EFG
5.0	150	2.6	EFG	5.0	100	2.7	EFG
10.0	180	2.6	EFG	7.5	150	2.7	EFG
7.5	180	2.6	EFG	10.0	180	2.4	EFG
5.0	120	2.4	FG	5.0	120	2.3	FG
5.0	180	2.1	G	5.0	180	2.2	G

* 英文字母相同者表示鄧肯氏試驗結果，差異在0.05水準不顯著

表 6 砂磨試材起毛等級之鄧肯氏試驗結果

Table 6. Results of Duncan test for grade of fuzz after sanding

拉 敏 Ramin				橡 膠 木 Rubber wood			
送 材 速 度 feed speed(m/min)	砂 紙 粒 號 mesh	等 級 grade	*	送 材 速 度 feed speed(m/min)	砂 紙 粒 號 mesh	等 級 grade	*
10.0	150	2.4	A	5.0	100	3.4	A
7.5	80	2.2	AB	10.0	100	3.3	AB
7.5	180	2.2	AB	7.5	120	3.2	ABC
7.5	120	2.1	B	7.5	100	3.0	ABCD
7.5	100	2.1	B	5.0	150	3.0	ABCD
5.0	100	2.1	B	10.0	80	2.9	ABCD
7.5	150	2.1	B	10.0	150	2.8	ABCD
10.0	120	2.0	B	7.5	150	2.7	BCD
5.0	150	2.0	B	10.0	120	2.7	BCD
5.0	180	2.0	B	5.0	80	2.7	BCD
10.0	100	2.0	B	5.0	120	2.6	BCD
10.0	180	2.0	B	7.5	80	2.6	BCD
5.0	80	2.0	B	7.5	180	2.4	CD
10.0	80	2.0	B	5.0	180	2.3	D
5.0	120	2.0	B	10.0	180	2.2	D

* 英文字母相同者表示鄧肯氏試驗結果，差異在0.05水準不顯著

(5m/min)者，其材面狀態最佳，而砂紙粗（#80），送材速度快者（10m/min）其材面狀態最差，現依材面狀態逐一加以討論：

1.材面砂痕：

由表 4 之結果獲知拉敏以#180砂紙，送材速度 5m/min 者材面砂痕較少而橡膠木以 #120砂紙，送材速度 5.0m/min 者材面砂痕較少，但二樹種中砂紙粒度及送材速度之組合為 #120-5m/min、#150-5m/min、#150-7.5m/min、#180-5m/min、#180-7.5m/min 者，其砂痕差異均不顯著。

2.木理清晰度：

由表 5 之結果獲知，拉敏及橡膠木均以#180砂紙，送材速度5m/min其木理清晰度最佳，但拉敏 #120-5m/min，#150-5m/min，#180-5m/min，#180-7.5m/min，#180-10m/min等之組合差異均不顯著；橡膠木#100-5m/min，#120-5m

/min，#150-5m/min，#150-7.5m/min，#180-5m/min，#180-10m/min等之組合差異不顯著。

3.起毛程度：

由表 6 之結果顯示：不同砂紙粒度及送材速度所引起之起毛現象。對拉敏而言，其材面較不易起毛，因此差異不顯著；而橡膠木因材質較軟，砂磨後較易起毛，然而起毛程度並無明顯之趨勢存在。

4.材面粗糙度：

材面粗糙度測定結果如圖 9、圖10所示，拉敏及橡膠木均隨著砂紙粒號之增加其粗糙度漸減，而隨著砂磨送材速度之增加，其粗糙度漸增。然而砂紙粒度較粗，送材速度較慢者，其材面粗糙度與砂紙粒度較細，送材速度較快者相近，因此於現場操作，選擇砂紙粒號及送材速度時，在考慮節省時間、降低成本、延長砂紙壽命等前題下，可視實際需要而選擇最適當之組合。

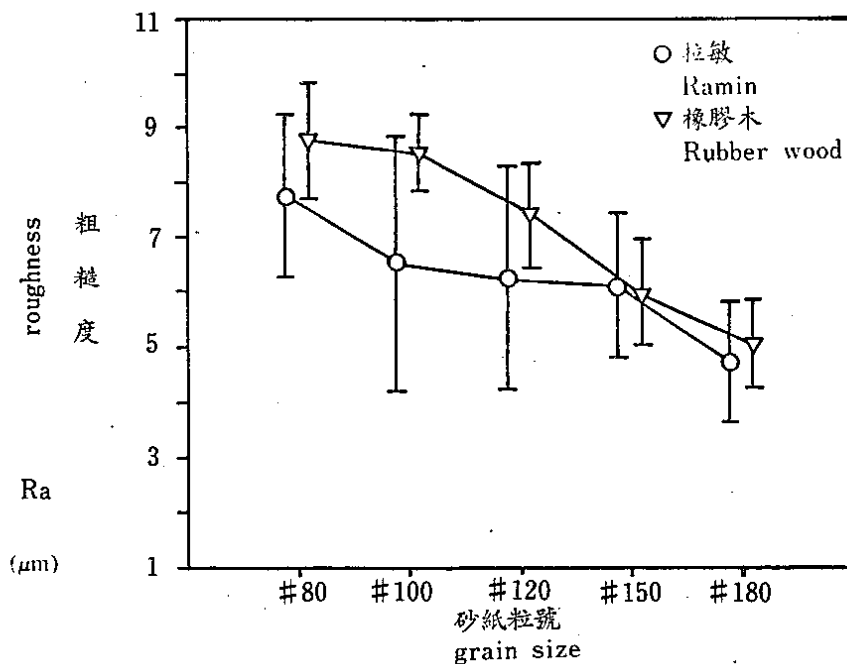


圖9. 砂紙粒號與材面粗糙度之關係 (送材速度 7.5 m/min)
 Fig. 9. Relationship between grain size of sand paper and roughness of wood surface (feed speed 7.5 m/min)

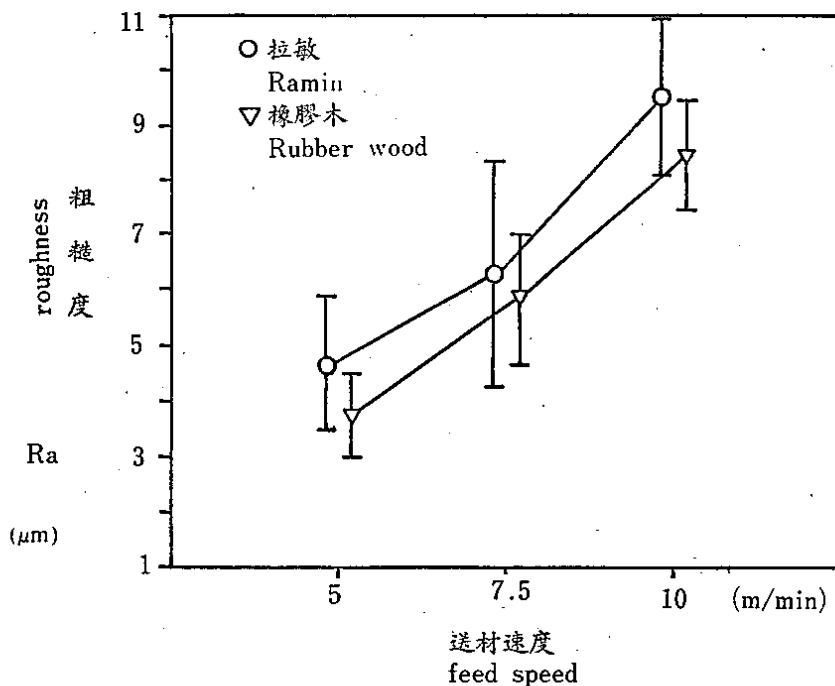


圖10. 送材速度與材面粗糙度之關係 (#120)
 Fig. 10. Relationship between feed speed and roughness of wood surface (#120)

厚度規制：

厚度規制乃針對拉敏，測定砂磨前、後之厚度，並計算其厚度標準差，結果如圖11、圖12、圖13所示，圖11顯示砂磨後厚度之標準差明顯的較砂磨前為低，顯見砂磨具有厚度規制之效果，而厚度規制隨著厚度不同而異，由圖12中顯示，隨著砂磨前厚度之增加，砂磨後厚度亦呈上升趨勢，而磨耗量

亦隨厚度之增加而呈上升趨勢，如圖13所示，此乃由於砂磨時輸送帶與接觸輪均為橡膠具有彈性，因此厚的木材砂磨以後，雖然磨耗量較多，但仍然較厚，而薄的木材，砂磨後乃然較薄。此外有關磨耗量對砂帶壽命及砂光面品質之影響，有待進一步之探討。

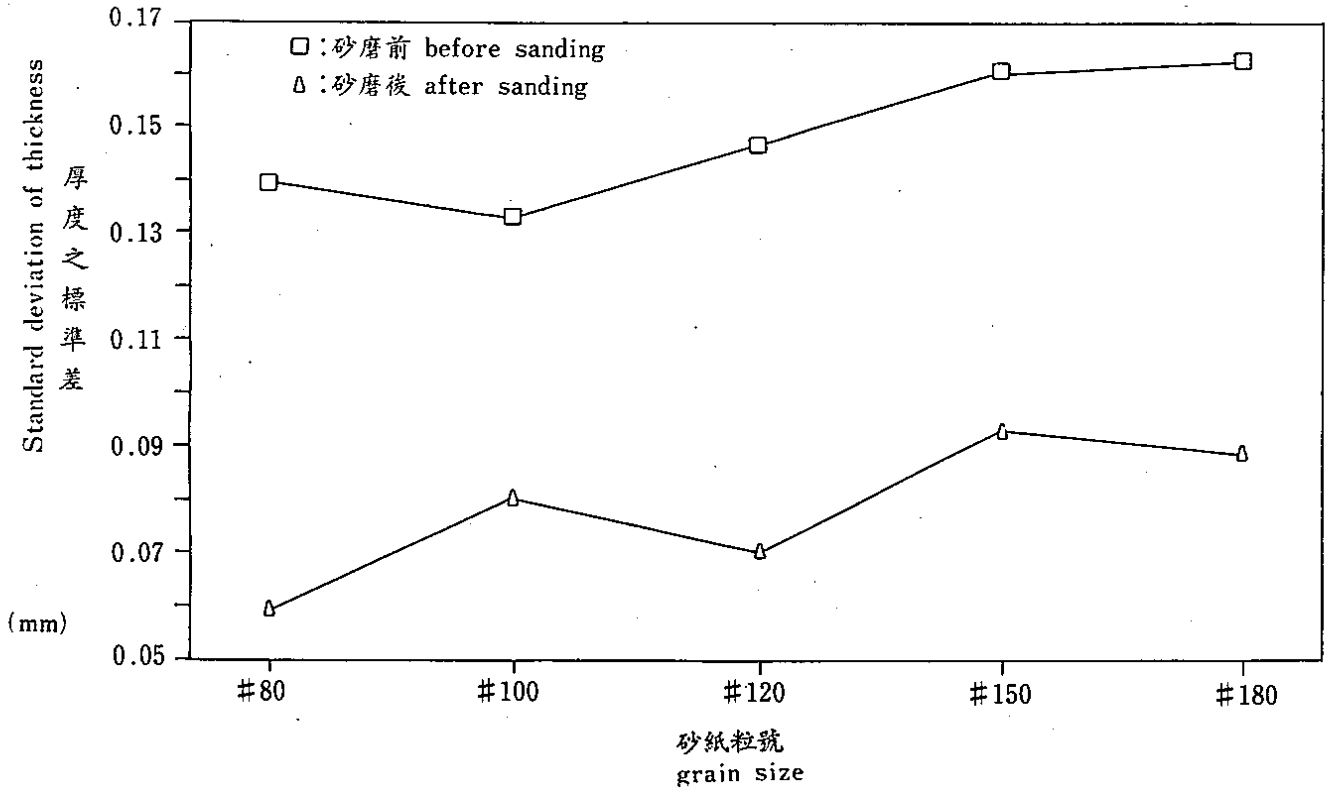


圖11. 砂磨前後試材厚度之標準差
 Fig. 11. Standard deviation of thickness before and after sanding operation

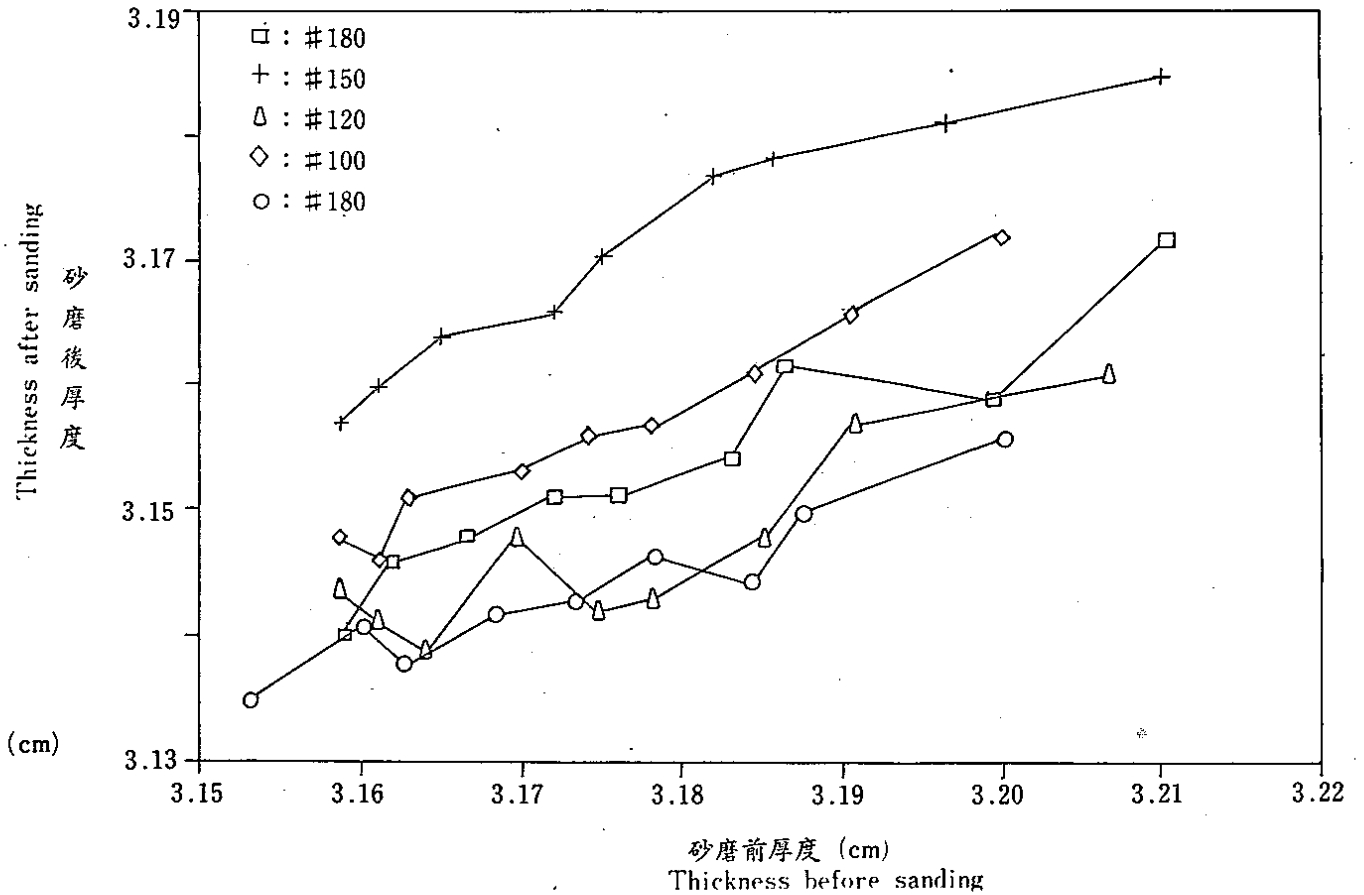


圖12. 砂磨前後試材厚度之關係
 Fig. 12. Relationship of thickness before and after sanding operation

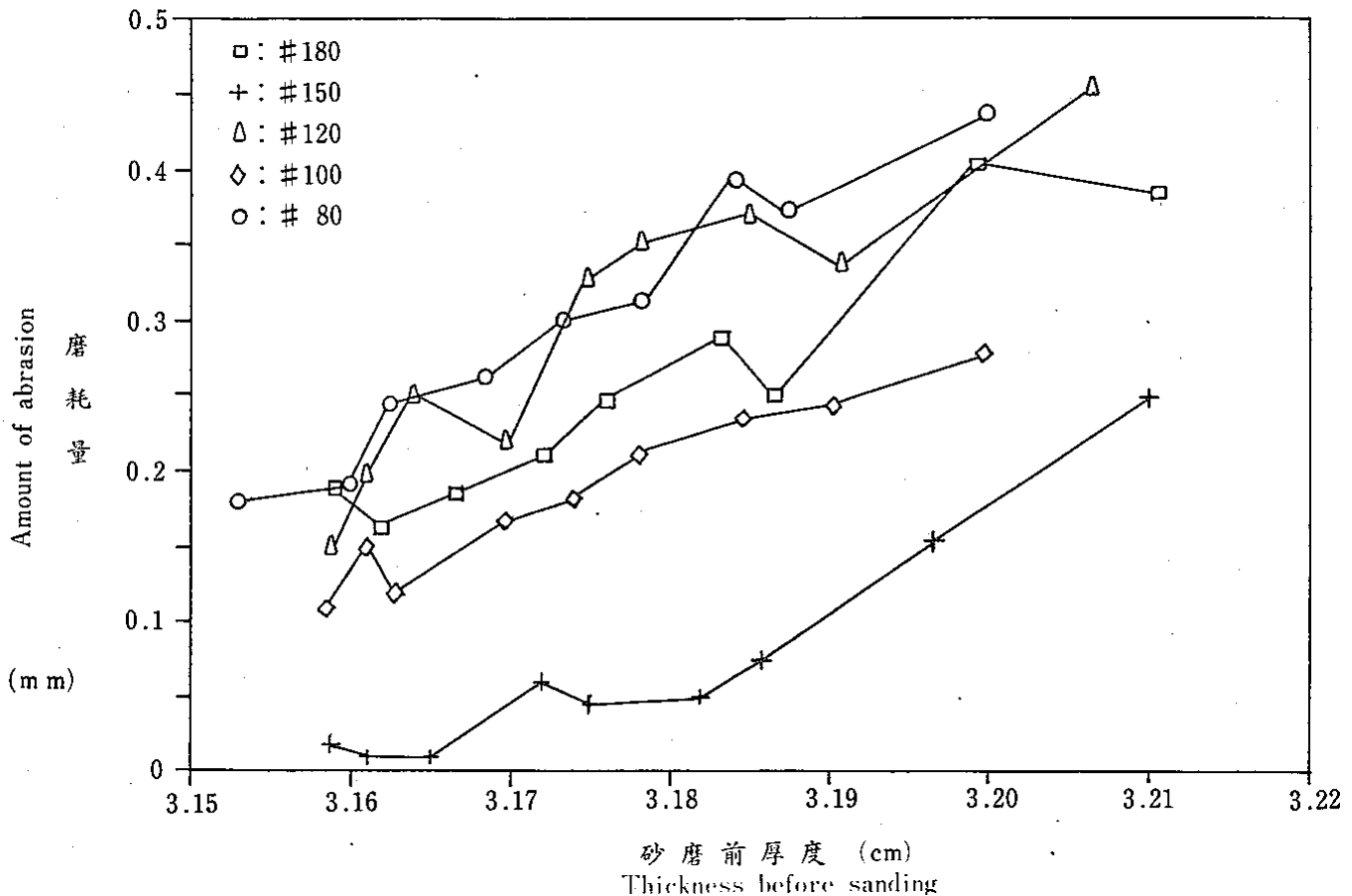


圖13. 試材厚度與磨耗量之關係
Fig. 13. Relationship between thickness and amount of abrasion

四、結論：

(一)試材經鉋削後，材面光滑，但材面上卻留有刀痕，且鉋削送材速度不同，產生之刀痕寬窄不一，但無論鉋削送材速度快或慢，經過一次砂磨，即可將刀痕消除。

(二)試材經砂磨後，材面較平整，但原來光滑之鉋削面卻出現起毛現象，此點有待進一步之探討。又不同砂紙粒度及砂磨送材速度，影響材面砂痕之深淺粗細及木理清晰度，砂紙細(#180)，送材速度慢(5m/min)，其材面狀態最佳；砂紙粗(#80)，送材速度快(10m/min)其材面狀態最差。

(三)材面砂痕及木理清晰度雖然受砂紙粒度及送材速度之影響，然而樹種間差異不大；而起毛程度則有明顯之樹種差異存在，拉敏起毛較不嚴重，而橡膠木起毛較嚴重。

(四)粗糙度隨著砂紙粒號之增加而漸減，隨著砂

磨送材速度之增加而漸增，然而砂紙粒度較粗，送材速度較慢者，其材面粗糙度與砂紙粒度較細，送材速度較快者相近，因此操作時可視實際需要而選擇適當之組合。

(五)砂磨具有厚度規制之效果。

引用文獻

- 黃彥三 1983. 木工刀具。林產工業叢書。
- 林大九郎、原洋 ラワン合板の表面研削に關する研究。木材工業, vol.19, No. 9.
- 中村源一 ベルト・サンダーによる木材の研削(I)。林業試驗場研究報告, 第136號。
- 野田茂 1981 木材の研削加工表面に關する研究。職業訓練大學校紀要, 第10號A。
- Davis, E.M. 1962. Machining and related characteristics of United States hard woods. USDA, Technical Bulletin No. 1267.