

LEZIONI DI TECNOLOGIA CERAMICA

ITS NATTA Direttore Prof. I. Amboni
Via Europa, 15 - Bergamo
Tel. 035/798106

Dott. Giuseppe Pagliara
g.pagliara@pagliara.it

8. *ABRASIVI*



Pagliara
prodotti chimici spa



PAGLIARA PRODOTTI CHIMICI SPA

Via Don Comotti, 7 - 24050 LURANO (BG) ITALIA

Tel. +39 035 800050 r.a. - Fax. +39 035 800288-800133

Capitale Sociale Deliberato € 2.000.000,00 Versato € 1.600.000,00

C.F. P.IVA IT 01245920168 REA Bg N.185771 Registro Imprese Bg01245920168

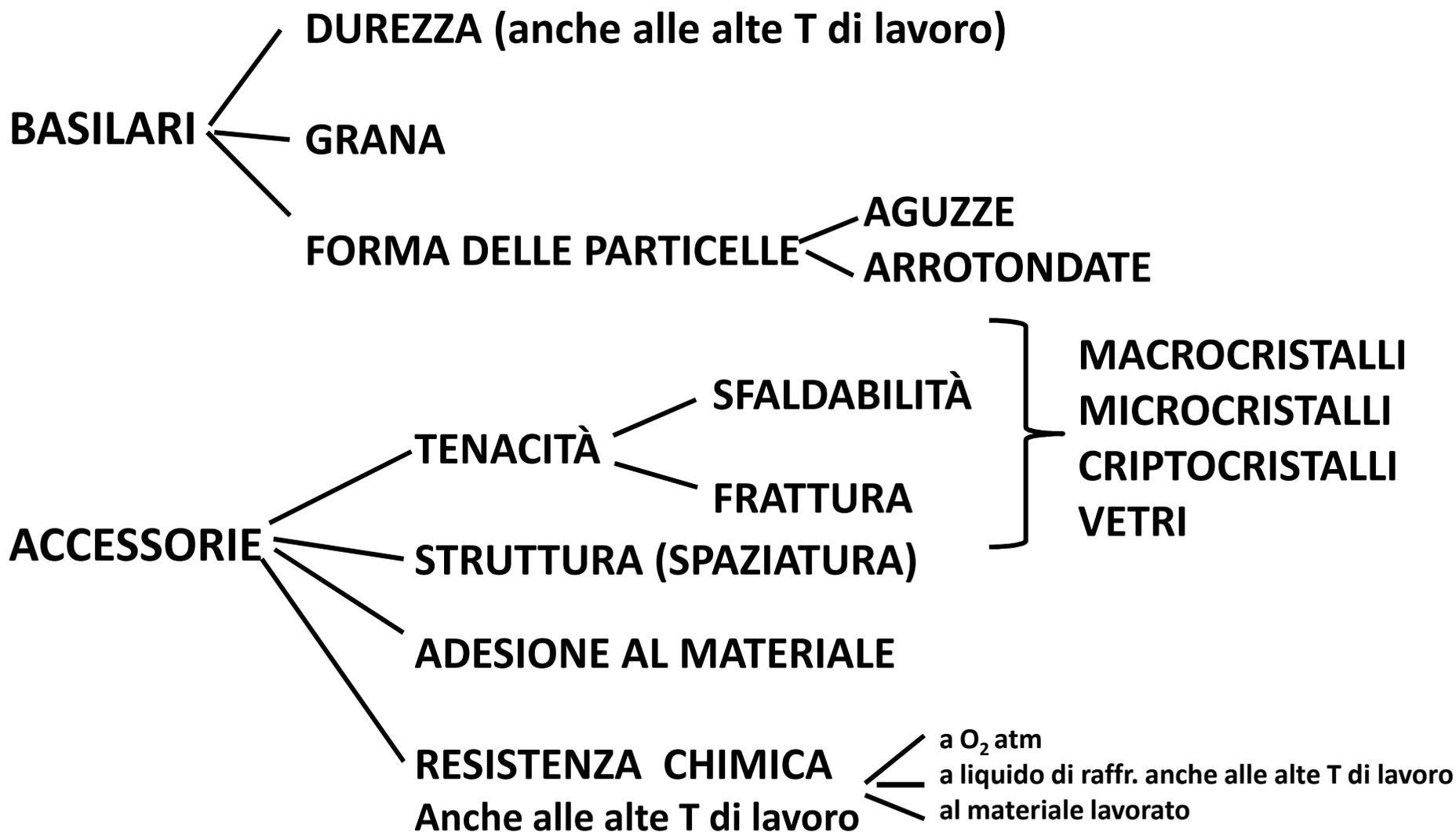
www.pagliara.it - pagliara@pagliara.it - pagliaraprodottichimici@registerpec.it

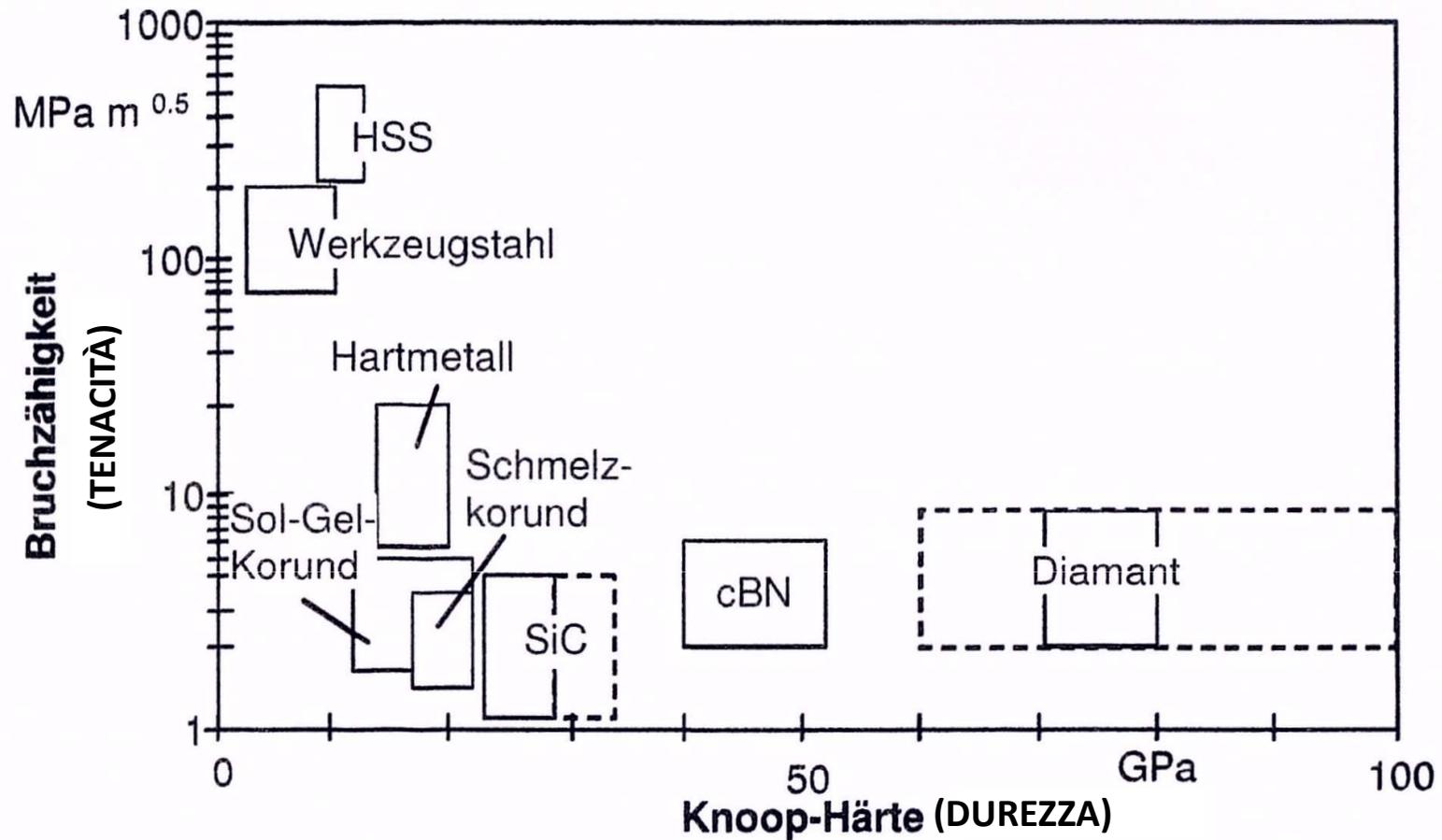
ABRASIVO

Materiale inorganico generalmente non metallico, duro, capace di abradere, asportare, spianare, lappare, lucidare, tagliare, affilare la superficie di un materiale di durezza inferiore e per es.: legno, metallo, vetro, ceramica, materia plastica etc.

A seconda dell'origine può essere naturale o artificiale.

CARATTERISTICHE DELL'ABRASIVO = CAPACITÀ DI TAGLIO





Härte und Bruchzähigkeit synthetischer Schleifkornmaterialien im Vergleich zu einigen Bearbeitungswerkstoffen [HELL93]

EFFICACIA ABRASIVA

Asportazione nell'unità di tempo

- **CAPACITÀ DI TAGLIO**
- **DIFFERENZA DI DUREZZA TRA ABRASIVO E MATERIALE**
- **CONTATTO ABRASIVO/MATERIALE (adesione + pressione)**
- **VELOCITÀ DEL MOVIMENTO RECIPROCO TRA MATERIALE E ABRASIVO (ogni + 5_{m/s} = +1° di durezza)**
- **FINITURA DESIDERATA**
- **TEMPERATURA DI LAVORO**
- **A SECCO E A UMIDO**
- **LIQUIDO UTILIZZATO PER LA LUBRIFICAZIONE, IL RAFFREDDAMENTO E IL LAVAGGIO E RELATIVA PRESSIONE**
- **TEMPO CONCESSO ALL'OPERAZIONE**
- **ADESIONE DEL GRANULO ALLA MATRICE LEGANTE**

ABRASIVI NATURALI

Diamante naturale, quarzo, smeriglio, tripoli, granati, arenaria, corindone minerale, pomice, sabbia silicea, ecc.

ABRASIVI ARTIFICIALI

CONVENZIONALI: Allumina calcinata, corindone bruno e bianco, carburo di silicio nero e verde , vetro in polvere, ecc.

SUPER ABRASIVI: Diamante sintetico monocristallino D e policristallino DPC, Nitruro di Boro cubico CBN, carburo di Boro B_4C , Carburo di tungsteno WC, fullerite ultradurezza ADNR ecc.

ABRASIVI SUPERDURI

Sono quelli con durezza mohs superiore a 9,5 e quindi:

Dn = Diamante naturale (10)

Ds = Diamante sintetico (10)

cBN = Nitruro di boro cubico (9,5)

B = Boro cristalli (> 9,5)

BC_xN = Carbo-nitruri cubici di Boro (> 9,5)

MB₂ = Boruri come RuB₂, OsB₂, ReB₂ (9,5-10)

B₆O = } Altri composti del boro che danno materiali con struttura
B₄C = } simile al diamante con caratteristiche di leggerezza, durezza
 } elevatissima, resistenza e stabilità.

ADNR = Aggregate Diamond Nano Rods = fullerite ultradura (>10)

DUREZZA

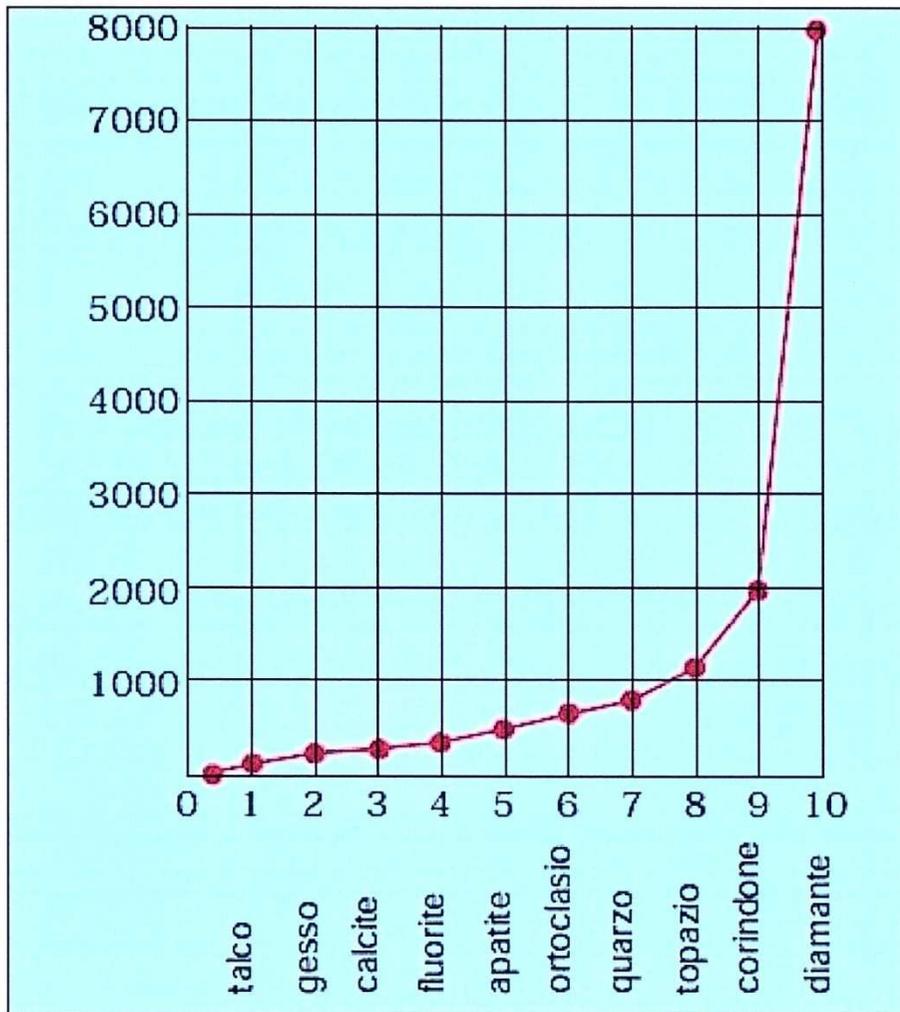
È la resistenza alla penetrazione. Esistono diverse scale:

MOHS – È la più immediata ed è costituita da dieci minerali di riferimento, ai quali è assegnato un valore di durezza da 1 a 10. La durezza di ognuno è basata sulla capacità di scalfire i precedenti.

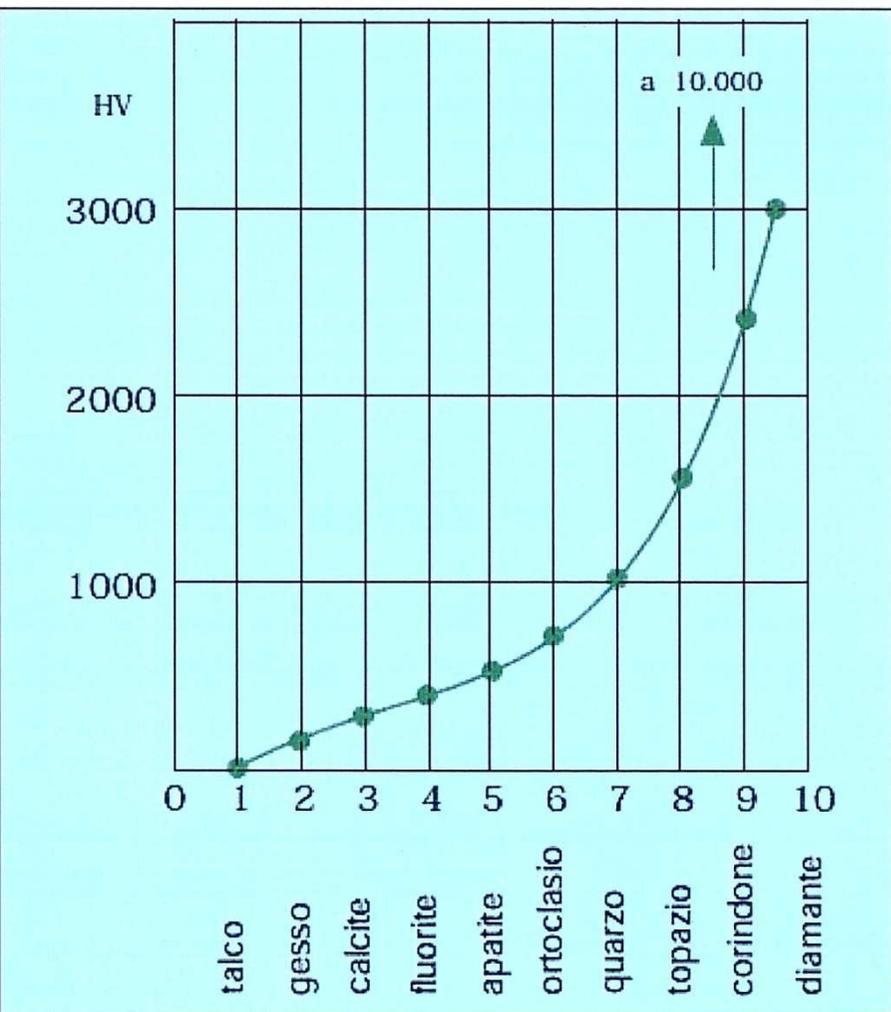
Le altre scale si basano sulla impronta lasciata sul minerale da un penetratore di forma differente, sottoposto a determinata pressione.

	PENETRATORE	FORMA	SI MISURA
KNOOP	DIAMANTE	PIRAMIDE ROMBICA	DIAGONALE MAGGIORE
VICKERS	DIAMANTE	PIRAMIDE QUADRATA	DIAGONALE
BRINNELL	HBS = Acciaio HBW = Tungsteno	SFERICA	DIAMETRO
ROCKWELL	DIAMANTE	CONICO	PROFONDITÀ

DALLA MISURA SI PASSA ALL'AREA DELL'IMPRONTA ATTRAVERSO COEFFICIENTI SPECIFICI.
ESISTONO DELLE SCALE DI CONFRONTO PER I VALORI DELLE DIVERSE DUREZZE.



scala di Mohs (ascissa) e Knoop (ordinata)



scala di Mohs (ascissa) e Vickers (ordinata)

SCALE DUREZZA DEGLI ABRASIVI

ABRASIVO	SCALA DI MOHS	DUREZZA KNOOP
talco	1	•••
gesso	2	•••
calcite	3	•••
fluorite	4	•••
apatite	5	•••
ortoclasio	6	800 ~ 900
quarzo	7	1000 ~ 1200
topazio	8	1300
corindone	9	2000
carburo di tungsteno	9	2200
carburo di silicio	9	2500
carburo di boro	9	2800
nitruro di boro cubico	9 ~10	4500
diamante	10	8000 ~ 8500
ADNR	10,1	~ 9000

Durezza di minerali e di materiali ceramici

	Scala di Mohs originale	riveduta (1)	Durezza Vickers (2)	Durezza Knoop (3)
Talco $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$	1		47	20
Gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2		60	50
Calcite $CaCO_3$	3		128 (+)	150
Fluorite CaF_2	4		187 (+)	200
Apatite $Ca_5(F,Cl)P_3O_{12}$	5		659	500
Ortoclasio $KAlSi_3O_8$	6		714	600
Quarzo SiO_2	7	8	1180 (+)	1000
Topazio $Al_2(F,OH)_2SiO_4$	8	9	1648	1500
Granato almandino $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$		10		
Zirconia fusa ZrO_2		11		
Corindone Al_2O_3	9	12	2085	2000
Carburo di tungsteno WC			2100	2100
Carburo di titanio TiC			2800	2800
Carburo di silicio SiC		13		3000
Carburo di boro B_4C		14		3500
Diamante C	10	15		8000

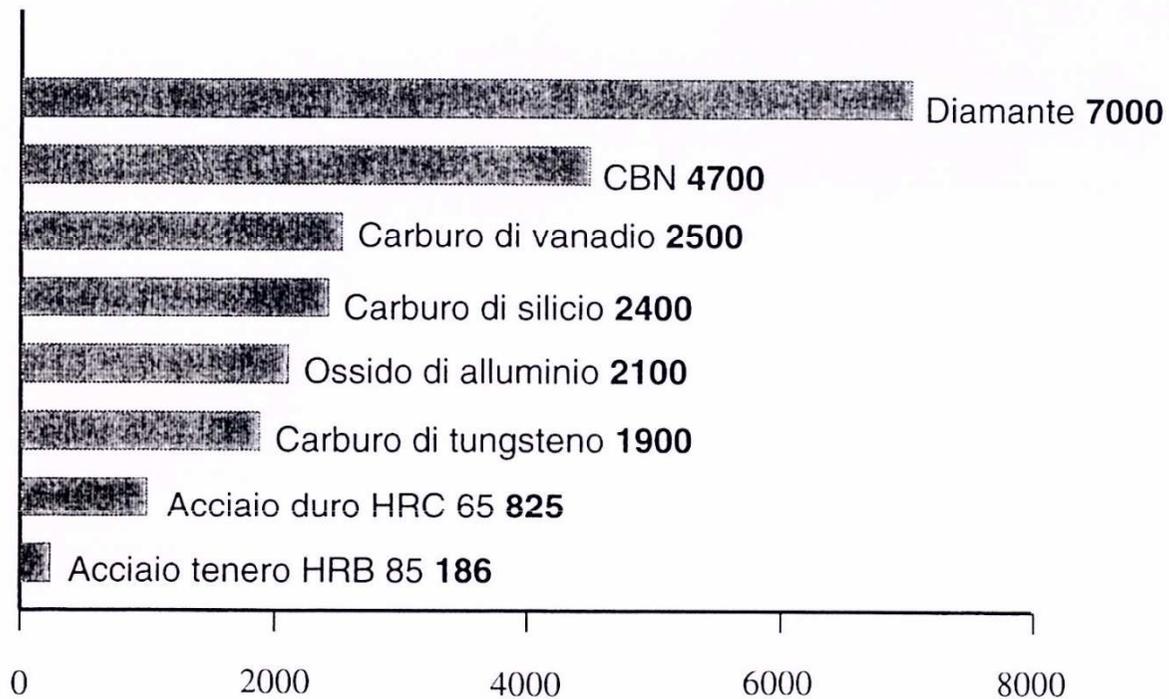
- (1) Riveduta da Ridgway, Ballard, Bailey, Markes.
W.H. Gitzen. Alumina as a ceramic material. Am. Cer. Soc. Inc. 1970.
- (2) E. Grill. Minerali industriali e minerali delle rocce.
Hoepli 1963.
- (3) Lawrence H. Van Vlack. Physical ceramics for engineers.
Addison-Wesley 1964.
- (+) Media di valori anisotropi paralleli e perpendicolari all'asse cristallografico c.

Rm N/mm ²	HB	HV	HRA	HRC
—	—	940	85.6	68
—	—	900	85.0	67
—	—	865	84.5	66
—	739	832	83.9	65
—	722	800	83.4	64
—	706	772	82.8	63
—	688	746	82.3	62
—	670	720	81.8	61
—	654	697	81.2	60
2420	634	674	80.7	59
2330	615	653	80.1	58
2240	595	633	79.6	57
2160	577	613	79.0	56
2070	560	595	78.5	55
2010	543	577	78.0	54
1950	525	560	77.4	53
1880	512	544	76.8	52
1820	496	528	76.3	51
1760	482	513	75.9	50
1700	468	498	75.2	49
1640	455	484	74.7	48
1580	442	471	74.1	47
1520	432	458	73.6	46
1480	421	446	73.1	45
1430	409	434	72.5	44
1390	400	423	72.0	43
1340	390	412	71.5	42
1300	381	402	70.9	41
1250	371	392	70.4	40
1220	362	382	69.9	39
1180	353	372	69.4	38
1140	344	363	68.9	37
1110	336	354	68.4	36
1080	327	345	67.9	35
1050	319	336	67.4	34
1030	311	327	66.8	33
1010	301	318	66.3	32
970	294	310	65.8	31
950	286	302	65.3	30
930	279	294	64.6	29
900	271	286	64.3	28
880	264	279	63.8	27
860	258	272	63.3	26
850	253	266	62.8	25
820	247	260	62.4	24
810	243	254	62.0	23
790	237	248	61.5	22
770	231	243	61.0	21
760	226	238	60.5	20

Rm N/mm ²	HB	HV	HRA	HRB
800	240	240	61.5	100
785	234	234	60.9	99
750	228	228	60.2	98
715	222	222	59.5	97
705	216	216	58.9	96
690	210	210	58.3	95
675	205	205	57.6	94
650	200	200	57.0	93
635	195	195	56.4	92
620	190	190	55.8	91
615	185	185	55.2	90
605	180	180	54.6	89
590	176	176	54.0	88
580	172	172	53.4	87
570	169	169	52.8	86
565	165	165	52.3	85
560	162	162	51.7	84
550	159	159	51.1	83
530	156	156	50.6	82
505	153	153	50.0	81
495	150	150	49.5	80
485	147	147	48.9	79
475	144	144	48.4	78
470	141	141	47.9	77
460	139	139	47.3	76
455	137	137	46.8	75
450	135	135	46.3	74
440	132	132	45.8	73
435	130	130	45.3	72
425	127	127	44.8	71
420	125	125	44.3	70
415	123	123	43.8	69
405	121	121	43.3	68
400	119	119	42.8	67
395	117	117	42.3	66
385	116	116	41.8	65
—	114	114	41.4	64
—	112	112	40.9	63
370	110	110	40.4	62
—	108	108	40.0	61
—	107	107	39.5	60
360	106	106	39.0	59
—	104	104	38.6	58
350	103	103	38.1	57
—	101	101	37.7	56
340	100	100	37.2	55
—	—	—	36.8	54
330	94	—	35.5	51
320	92	—	34.6	49

- Rm** Resistenza a trazione / Tensile test: N/mm² (Mpa)
HB DUREZZA BRINELL: sfera 10 mm carico 29.400N (3000 Kgf) durata 15"
HV DUREZZA VICKERS: piramide diamante 136° Carico 294 N (30 Kgf) durata 15"
HRA DUREZZA ROCKWELL: cono diamante carico 588 N (60 Kgf) durata 30"
HRB DUREZZA ROCKWELL: sfera 1/16" carico 980 N (100 Kgf) durata 30"
HRC DUREZZA ROCKWELL: cono diamante 120° carico 1470 N (150 Kgf) durata 30"





Confronto tra la durezza Knoop degli abrasivi convenzionali (ossido di alluminio e carburo di silicio), i superabrasivi e altri materiali di riferimento.

- Proprietà dei materiali duri e ultraduri.

Materiale	Densità		Durezza	Resistenza alla compressione		Modulo elasticità di Young
	g/cm ³	lb/in ³		Knoop, kg/mm ²	GPa	
Diamante	3,52	0,127	7000-10.000	10	1,5	118,1
CBN	3,48	0,126	4500	7	1	
SiC	3,21	0,116	2700	1,3	0,19	38,7
Al ₂ O ₃	3,90	0,142	2100	3	0,435	36,2
WC (Co 6%)	15,0	0,542	1900	5,4	0,78	70,3
Carburo di boro	2,51	0,090	2750			
Acciaio	7,85	0,283				19,7

Materiale	Resistività		Capacità termica		Coeff. di espansione termica		Conduttività termica	
	ohm/cm	a °C	cal/g/°C	°C	mm/mm °C × 10 ⁻⁶	in/in °F × 10 ⁻⁶	W/m × K	cal/°C × cm × s
Diamante	10 ¹⁰ -10 ¹⁵	25	0,1-0,5	0-1040	4,8	2,7	2100	5,0
CBN					5,6	3,1	1400	3,3
SiC	0,13	25	0,14-0,34	0-1350	4,5	2,5	42	0,10
Al ₂ O ₃	10 ¹¹ -10 ¹⁴	23	0,17-0,39	0-1700	8,6	4,8	33	0,08
WC (Co 6%)			0,2-0,29	0-650	4,5	2,5	105	0,25
Carburo di boro	1,0	20	1,0	20				
Rame	1,7 × 10 ⁻⁶	20	0,09-0,116	0-1080	16,42			0,94

Sieve Size Information

DIN-Meshes per		Sieve Aperture per		USA Standard	Tyler	British Standard	AFNOR	DIN-Meshes per		Sieve Aperture per		USA Standard	Tyler	British Standard	AFNOR	
cm	cm ²	µm	Inch	Mesh		Mod.		cm	cm ²	µm	Inch	Mesh		Mod.		
		1		(12500)												
(5000)		2.5	.0001	(5000)						589	.0232		28			
(1000)		5	.0002	(2500)						590	.0232	30				
(500)		10	.0004	(1250)						599	.0236			25		
(250)	(60000)	20	.0008	625				10	100	600	.0236					
		37	.0014	400						630	.0248				29	
		40	.0016			17				699	.0275			22		
		43	.0017		325					701	.0276		24			
130	(16900)	44	.0017	325						710	.0280	25				
		50	.0020			18		8	64	750	.0295					
120	(14400)	53	.0021	270	270	300				800	.0315				30	
100	10000	60	.0023							833	.0328		20			
		61	.0024		250					840	.0331	20				
		62	.0024	230						853	.0036			18		
		63	.0025							991	.0390		16			
		66	.0026					6	36	1000	.0394	18			31	
		74	.0029	200	200					1003	.0395			16		
80	6400	75	.0029							1168	.0460		14			
		76	.0030							1190	.0469	16				
		80	.0032					5	25	1200	.0472					
		88	.0035	170						1204	.0474			14		
		89	.0035		170	170				1250	.0492				32	
70	4900	90	.0036							1397	.0550		12			
60	3600	100	.0039							1405	.0553			12		
		104	.0041		150	150				1410	.0555	14				
		105	.0041	140				4	16	1500	.0590					
50	2500	120	.0047							1600	.0630				33	
		124	.0049		115	120				1651	.0650		10			
		125	.0049	120						1676	.0660			10		
		147	.0058		100					1680	.0661	12				
		149	.0059	100						1981	.0780		9			
40	1600	150	.0059					3	9	2000	.0787	10			34	
		152	.0060							2057	.0810			8		
		160	.0063							2362	.0930					
		175	.0069		80	80				2380	.0937	8				
		177	.0070	80						2411	.0949			7		
		178	.0070							2500	.0985				35	
30	900	200	.0079					2.4	6	2794	.1100		7			
		208	.0082		65					2812	.1107			6		
		210	.0083	70						2830	.1110	7				
		211	.0083							3000	.1180					
		246	.0097		60	72		2	4	3150	.1240				36	
24	576	250	.0098	60						3327	.1310		6			
		251	.0099							3360	.1320	6				
		295	.0116		48	52				3962	.1560		5			
		297	.0117	50				1.5		4000	.1570	5			37	
		300	.0118							4699	.1850			4		
20	400	315	.0123							4760	.1870	4				
		350	.0138	45				1.2	1.5	5000	.1970				38	
		351	.0138							5613	.2210		3.5	3.5		
		353	.0139							5660	.2230	3.5				
16	256	400	.0158							6000	.2300					
		417	.0164		35			1	1	6300	.2480				39	
		420	.0165	40						6680	.2630		3			
(14)	(196)	422	.0166							6730	.2650	3				
		495	.0195		32					7925	.3120		2.5			
12	144	500	.0197	35		30	28			8000	.3150	2.5				40

MICRON	FIPA	CAMI	EMERY	NORAX
5	P3000	-	-	
6	-	1200	4/0	
8	P2500	-	-	X5
9	-	1000	3/0	
10	P2000	-	-	
12	P1500	800	-	
15	P1200	-	-	
16	-	600	2/0	X16
18	P1000	-	-	
20	-	500	0	
22	P800	-	-	
23	-	400	-	
25	P600	-	-	
28	-	360	-	
30	P500	-	-	
35	P400	-	-	
36	-	320	-	
40	P360	-	-	
44	-	280	1	X45
46	P320	-	-	
52	P280	-	-	
54	-	240	-	
58	P240	-	-	
66	P220	220	2	X65
78	P180	180	3	X80
93	-	150	-	
97	P150	-	fine	X100
116	-	120	-	
127	P120	-	medium	
156	P100	100	-	
192	-	80	coarse	
197	P80	-	-	
260	P60	-	-	
268	-	60	-	
326	P50	-	-	
350	-	50	extra coarse	
412	P40	-	-	
428	-	40	-	
524	P360	-	-	
535	-	36	-	
622	P30	-	-	
638	-	30	-	
715	-	24	-	
740	P24	-	-	
905	-	20	-	
984	P20	-	-	
1320	-	16	-	
1340	P16	-	-	

EMERY = Abrasivi cinesi
NORAX = Abrasivi Norton

GRANA DEGLI ABRASIVI

Tabella comparativa delle diverse grane ottenute a mezzo di stacciatura. Il numero della scala internazionale indica il numero delle maglie contenute in un pollice lineare inglese della tela stacciante:

Grana	Scala internaz.	Smeriglio	Vetro e silice	Granato e rubino
Molto grassa	10	15	—	—
	12	15	—	—
	14	13	—	—
Grassa	16	12	—	—
	18	11	—	4
	20	10	—	3
	24	9	—	3
Semi grassa	30	8	—	2
	36	7	—	2
	40	6	8	1
Media	50	5	7	1
	60	4	6	—
	70	3	5	—
Semi-fina	80	2	4	—
	90	1	3	0
Fina	100	0	2	00
	120	00	1	000
	150	000	0	0000
Finissima	180	0000	00	—
	200	00000	000	—
	200	000000	0000	—
Spoltiglie	Non separabili a staccio, misure apposite.			

MORFOLOGIA DEL GRANO ABRASIVO

Le particelle (secondarie) di abrasivo sono costituite da un agglomerato di particelle individuali che si liberano quando la polvere viene dispersa per produrre un abrasivo fluido o solido.

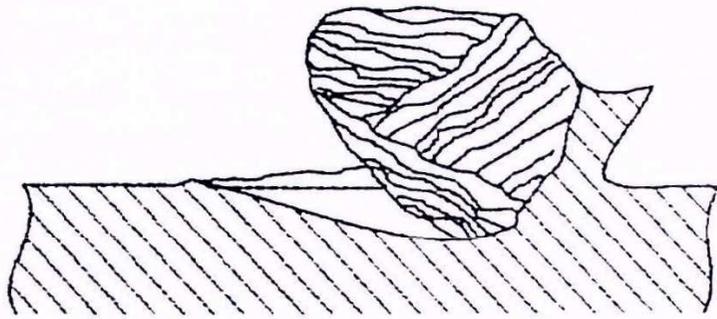
Le particelle individuali sono costituite da un aggregato di particelle primarie microcristalline in cui si sfaldano o si disgregano durante il lavoro dell'abrasivo.

In alcuni casi la sfaldatura è facile come nel diamante policristallino sintetico DPC e nell'allumina calcinata che hanno una struttura microcristallina. In altri casi la sfaldatura è più difficile e si ha la frattura, come nel caso del diamante naturale o del corindone che hanno una struttura macrocristallina. Alcune impurezze aggiunte possono facilitare la sfaldatura o aumentare invece la tenacità del prodotto.

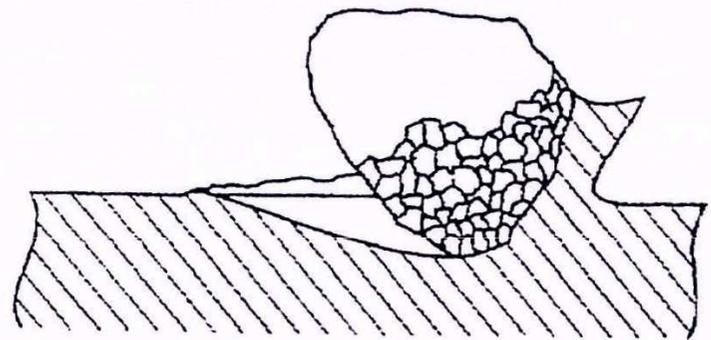
Per esempio l'aggiunta dei TiO_2 o ZrO_2 rende più tenace l'allumina calcinata. A parità di durezza una maggiore sfaldabilità rende il prodotto più idoneo per la sgrossatura.

Nel caso di materiali vetrosi non si ha la sfaldatura ma si ha sempre la frattura.

DPC = Diamante PoliCristallino



**STRUTTURA
MACROCRISTALLINA**



**STRUTTURA
MICROCRISTALLINA**

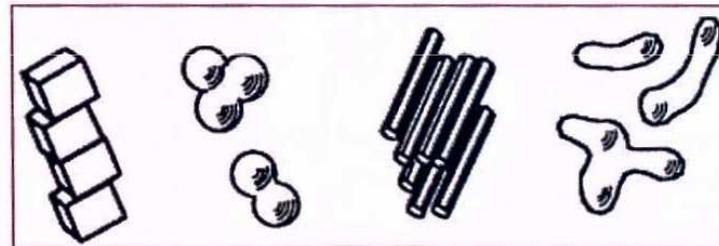
Particelle primarie o individuali

Particelle riconoscibili come tali per mezzo di opportuni metodi fisici (p.es. microscopia ottica o elettronica)



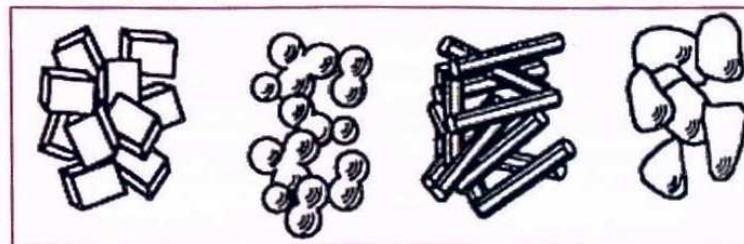
Aggregato

insieme di particelle primarie cresciute insieme e allineate lato contro lato; l'area superficiale totale è inferiore alla somma delle aree superficiali delle singole particelle primarie



Agglomerato

Insieme di particelle primarie (unite ai vertici o agli spigoli) e/o aggregati la cui area superficiale totale non differisce apprezzabilmente dalla somma delle singole aree superficiali



ABRASIVI PIÙ MODERNI

Maggiore efficienza di lavoro significa ottimizzare il risultato nel tempo più breve ed al costo più basso.

La velocità operativa degli abrasivi è fortemente dipendente dalla durezza e dalla tenacità. Spesso la maggiore efficienza compensa il maggiore costo. Del resto abrasivi di elevata durezza ed alto costo hanno visto il loro prezzo scendere man mano che i consumi mondiali aumentavano. Ciò è avvenuto per esempio per il diamante sintetico PCD e per il nitruro di Boro cubico CBN che sono gli abrasivi di maggiore durezza. Sono invece scomparsi quelli naturali come quarzo (soprattutto per motivi di tossicità) le farine fossili, i granati, la pomice. Ma ciò è avvenuto anche per il SiC e il vetro.

CARATTERISTICHE DEGLI ABRASIVI DI MAGGIOR IMPIEGO

	FORMULA	MOHS	KNOOP	P. Sp. g/ml	P. Fusione °C	Forma abrasivi	Materiali lavorati
ALLUMINA CALCINATA	Al ₂ O ₃	8,5 – 9	1900 – 2000	3,80 – 3,98	2100	Paste e formati lucidanti.	Metalli ferrosi e non. Marmo, granito, No vetro.
CORINDONE BRUNO	Bauxite Elettrofusa	8,5	1800 – 2200	3,90 – 4,10	1800 – 2000	Flessibili, mole e dischi.	Come sopra.
CORINDONE BIANCO	Al ₂ O ₃ Elettrofusa	9	2085	4	2170	Mini mole e dischi.	Per ortopedia e odontotecnica.
CARBURO DI SILICIO	SiC	9,1	2480 – 2700	3,21	2730*	Flessibili e solidi ma in regresso.	Ghisa, materiali duri, Al, minerali No metalli ferrosi.
BORAZON	CBN	9,6	4500 – 4700	3,48	2967	Mole, dischi.	Ceramiche, vetro, materiali duri, materie plastiche.
DIAMANTE	Ds, PCD	10	8000	3,52	> 1600*	Dischi e mole.	Universale eccetto metalli ferrosi.

* In atmosfera inerte si trasforma in grafite. All'aria brucia.

DESCRIZIONE ABRASIVI

- **Diamante** – È il più duro di tutti i materiali conosciuti, con il più alto modulo elastico e la più alta conducibilità termica. È il miglior abrasivo, ma reagisce con i metalli ferrosi al superamento della soglia di 600°C. Si usa quindi per alluminio e sue leghe, vetro, ceramiche, minerali duri per pavimentazioni e rivestimenti. Come lubrificante si adoperano emulsioni di oli EP.
Si ottiene sinteticamente con processo HPHT = alta pressione (> 50000 Atm) e alta T (> 1700°C)
- **Nitruro di boro cubico** – È il secondo materiale più duro conosciuto e, diversamente dal diamante, è chimicamente inerte, non presentando alcuna reazione con i metalli ferrosi. Quindi è il più adatto alla rettifica dei componenti ferrosi. Viene largamente utilizzato per meccanica di precisione come cuscinetti, motori e ausiliari destinati all'industria automobilistica e aerospaziale. Come lubrificante si adoperano emulsioni di oli cloro solfonati che proteggono il ferro dall'ossidazione. Con T > 250°C si preferiscono oli interi.
- **Il CBN** si ottiene acidificando il borace con acido solforico.
L'acido borico prodotto si calcina a ossido che con ammoniaca dà:
$$\text{B}_2\text{O}_3 + 2 \text{NH}_3 \longrightarrow 2 \text{HBN} + 3\text{H}_2\text{O}$$
. Il nitruro di boro esagonale (HBN) si trasforma in cubico CBN con il processo HPHT già visto per il diamante.

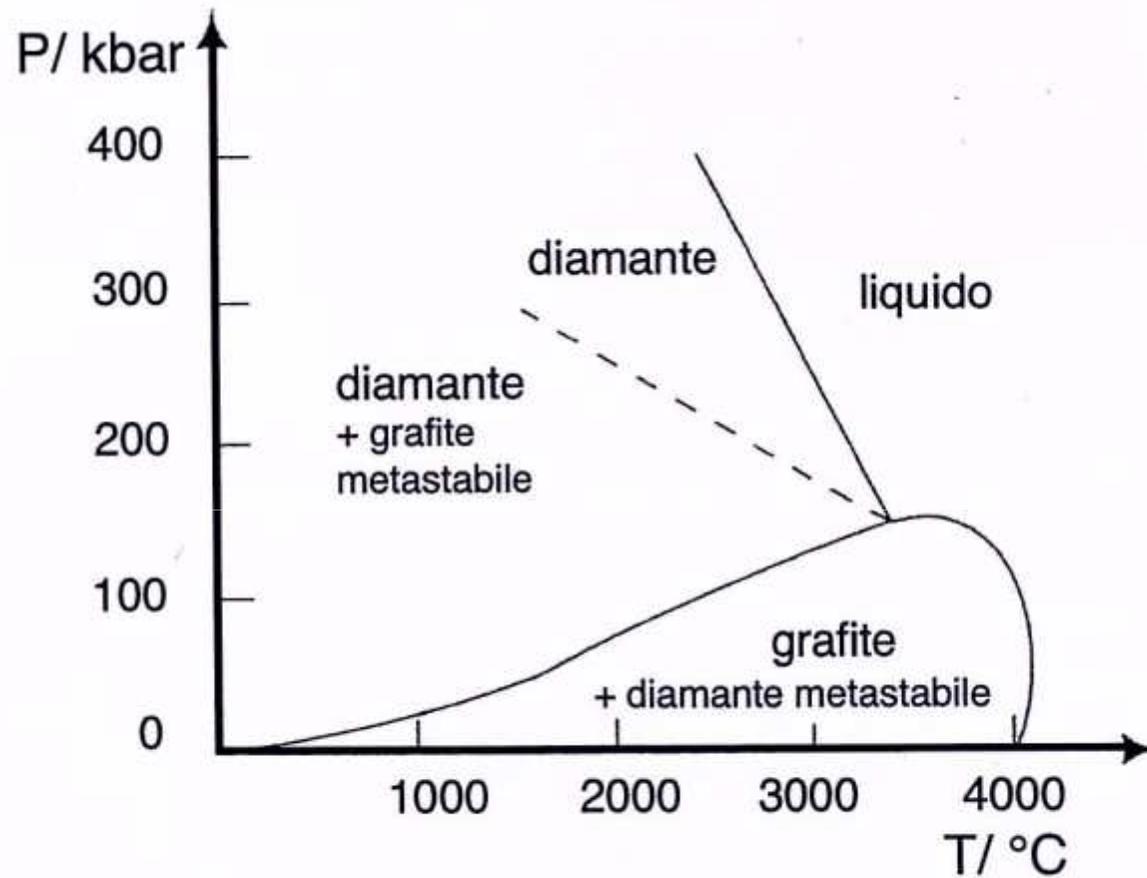


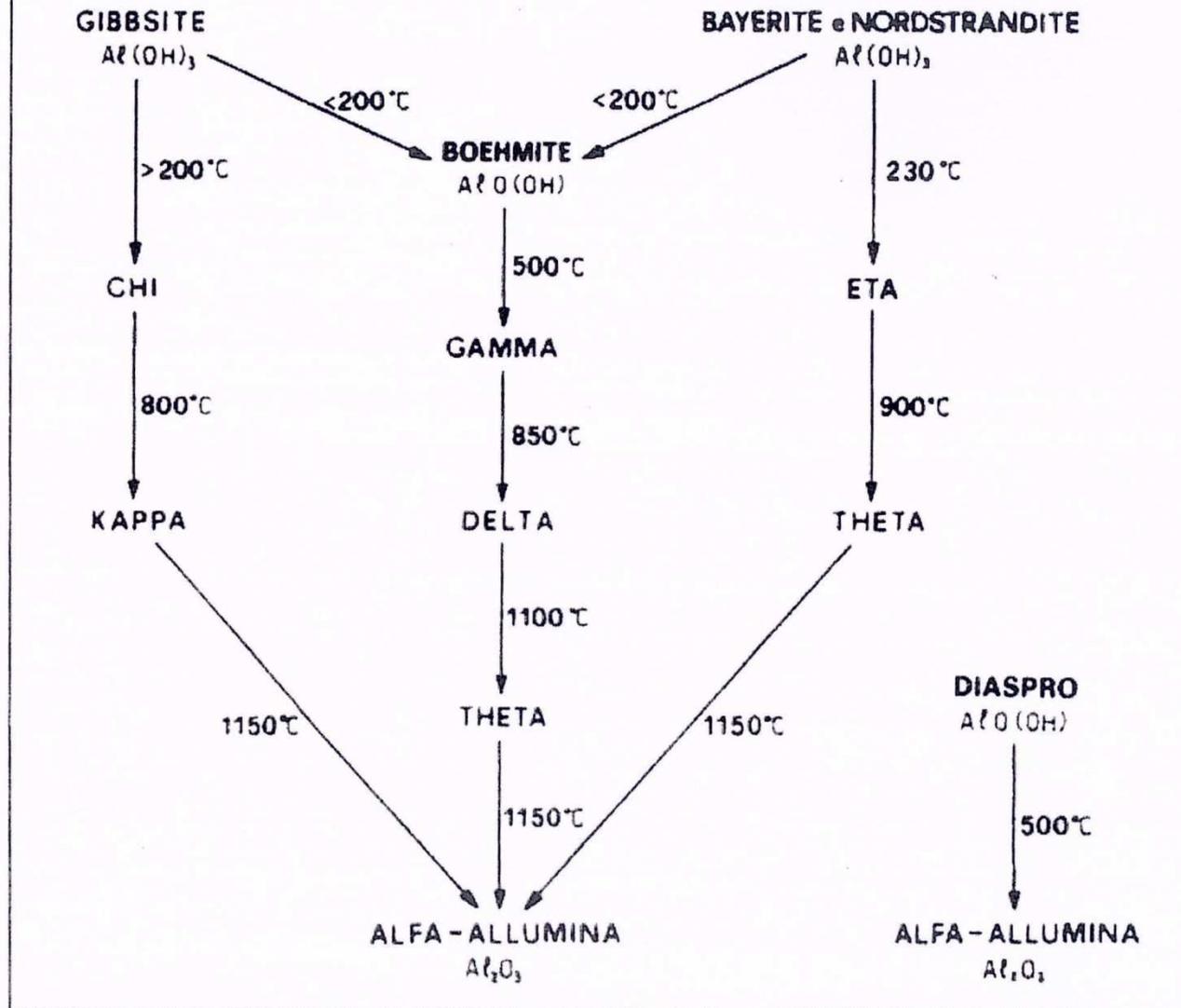
Diagramma di fase semplificato del carbonio.

DESCRIZIONE ABRASIVI - SEGUITO

- **Carburo di silicio** – È il più duro tra i convenzionali abrasivi ceramici, ma ha meno di un terzo della durezza del diamante. Gli abrasivi in carburo silicio non si usano per ferro e acciaio perché alle alte temperature di lavoro reagisce:
$$\text{SiC} + 4\text{Fe} \longrightarrow \text{FeSi} + \text{Fe}_3\text{C}$$
 Come lubrificante richiede olio puro e per questi motivi il carburo di silicio è stato quasi completamente abbandonato come abrasivo e sostituito da corindone, CBN e PCD. Si usa ancora solo per segmenti e virgole per marmo e graniti.
- **Ossido di alluminio** – È un intermedio della produzione di Alluminio metallico da Bauxite ed è quindi disponibile in grandi quantità a prezzo eccessibile ed in varie forme differenti per durezza (sempre elevata), resistenza termica e meccanica, purezza e granulometria. L'ossido di alluminio non è consigliabile come abrasivo, unicamente per il vetro. Tradizionalmente è usato nelle operazioni su componenti ferrosi. Ma in effetti il suo impiego ha caratteristiche di universalità per ogni tipo di metallo, gres porcellanato, pietre, minerali, granito ecc. Al_2O_3 è disponibile in diverse forme cristallografiche come viene descritto qui di seguito.

Allumine di transizione

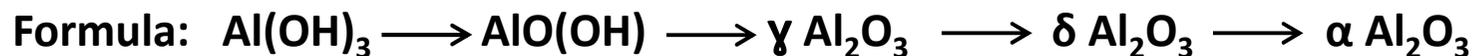
SEQUENZE DI DISIDRATAZIONE - ALLUMINE DI TRANSIZIONE



CALCINAZIONE DELL'ALLUMINA

TIPI DI Al_2O_3 CALCINATA

Dalla figura precedente si evince che durante la calcinazione dell'allumina idrata a allumina calcinata alfa, si formano molti prodotti intermedi e di transizione le cui caratteristiche sono riportate nella tabella precedente. La sequenza più importante è la seguente:



Tipo	Gibbsite	Boehmite	Gamma	Delta	Alfa
Mohs	2,5	3,5	8	8,5	9
P. Sp. g/ml	2,42	3,0	3,1	3,2	3,98

Di conseguenza l'allumina calcinata e poi micronizzata è disponibile in numerosi tipi differenti per purezza, durezza e granulometria che trovano principale impiego per paste idonee sia per materiali teneri come marmo, rame, argento, sia per materiali duri e durissimi come acciai rapidi, graniti ecc. Le grame più fini sono per paste lucidanti. Quelle più grosse per paste taglienti ed abrasive. Le allumine si utilizzano anche per segmenti e virgole per macchine lucidatrici dei pavimenti. L'allumina non si usa per vetro.

Proprietà mineralogiche delle allumine

Fase	Indice di rifrazione			Sfaldatura	Durezza (Mohs)	Micro- durezza (kg/mm ²)	Densità misurata (kg/dm ³)
	α	β	γ				
<i>Allumine idrate</i>							
Gibbsite	1,568	1,568	1,587	(001)	2,5-3,5		2,42
Baycritic	1,583*						2,53
Boehmite	1,649	1,659	1,665	(010)	3,5-4		3,01
Diasporo	1,702	1,722	1,750*	(010)	6,5-7		3,44
<i>Allumina di transizione</i>							
Chi							3,0 ⁺⁺
Eta			1,59-1,65				5-3,6
Gamma							3,2 ⁺
Delta							3,2 ⁺
Iota			1,604				3,71 ⁺
Theta ₃			1,66-1,67				3,56
Kappa			1,67-1,69				3,3 ⁺
<i>Corindone</i>							
Al ₂ O ₃	1,7604	1,7686		nessuna	9,0	2150	3,96-3,98
AlO Al ₂ O ₃			1,77-1,80			2070	3,84
<i>Beta allumina</i>							
Beta-sodio	1,635-1,650	1,676					3,25-3,33
Beta-potassio	1,642	1,675					
	1,640	1,668					
Beta magnesio	1,629	1,665-1,680					
Beta-calcio	1,752	1,759					3,731
	1,754	1,763					
Beta-bario	1,694	1,702					3,69
Zeta-litio			1,735				3,61

* Media

⁺ Stimata

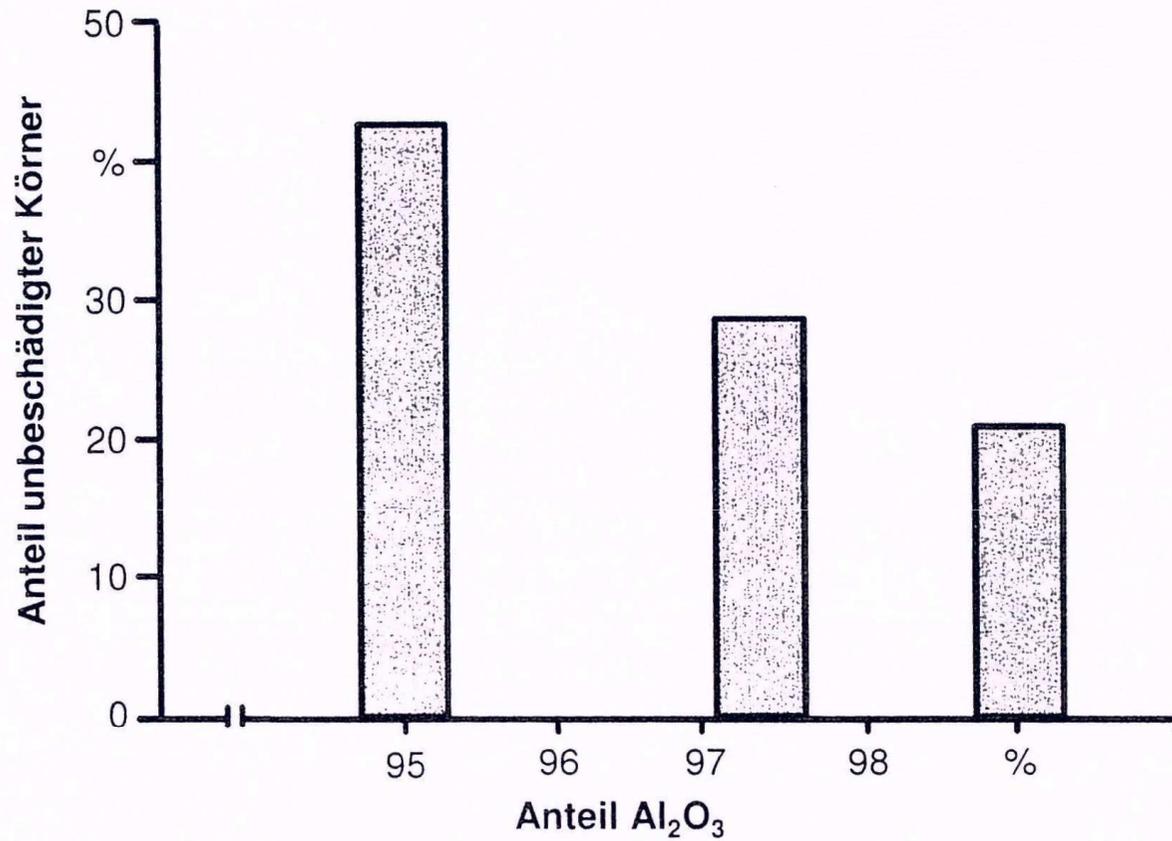
ALLUMINE ELETTROFUSE (CORINDONE)

Dalla allumina calcinata per elettrofusione a $T > 2100^{\circ}\text{C}$ si ottiene il corindone bianco, mentre dalla bauxite calcinata, per elettrofusione a $T > 1800^{\circ}\text{C}$ si ottiene il corindone bruno.

Il risultato è un monocristallo da 2 m³ che viene frantumato e macinato per ottenere le varie granulometrie, idonei per vari impieghi. Il tipo bianco è meno tenace mentre il bruno è più tagliente.

Il CORINDONE bianco, che per la sua elevata purezza ha durezza 9 e densità 3,997 g/ml, si usa per il settore dentario, gioielleria, acciaio inox nelle mole e abrasivi flessibili.

Il CORINDONE bruno è per sabbiature, granigliature, mole ed abrasivi flessibili destinati ad operazioni di rettifica e sbavatura metalli, pavimenti di granito e gres porcellanati.



Höhere Reinheit des Kornwerkstoffs verringert dessen Zähigkeit

NABALOX®

Aluminas

Nabaltec is a worldwide leading producer of synthetic raw materials. These are: aluminas (**NABALOX®**), ready-to-press ceramic bodies (**GRANALOX®**), aluminas for polishing (**NABALOX®**) and synthetic sintered mullites (**SYMULOX®**). The special types of **NABALOX®** aluminas are successfully utilised worldwide as both abrasive and polishing media. The **NABALOX®** polishing oxide range offers a broad spectrum of soft and hard calcined aluminas for a variety of applications for industrial surface finishing.

A multitude of **NABALOX®** polishing aluminas are used for the production of polishing pastes and emulsions for almost any material group, such as metals, stone, plastics, car paints, semiconductors, special glasses and many others.

The properties of the agglomerates and primary crystals of the aluminas have a direct influence on the quality of the surfaces that are to be finished and are determined by the following parameters:

The primary crystal size

is mainly determined by the degree of calcination of the polishing alumina. This size will influence the dimension and type of the material abrasion and is thus primarily responsible for the achievable surface quality. Small primary crystals lead to minor surface roughness with only minor material abrasion and therefore lead to a high surface quality. When large primary crystals are used, the surface roughness and material abrasion will be correspondingly higher.

Nabaltec AG

Your partner for high quality products

The secondary grain

represents a cluster (agglomerate) of primary crystals. During the polishing process the secondary grain will be destroyed by mechanical action, leading to the release of primary crystals which range from several hundred nanometers to micrometer size.

A defined abrasion rate will be initially induced due to the secondary grains and polishing begins on release of primary grains.

The initial abrasion rate is reduced by the decomposition of the agglomerate and a polishing action begins, which relates to the final surface quality. In addition to the grain size, the structure of the grain cluster will also influence the oil absorption value.

Our task

By tailoring the production process it is possible to manufacture a broad spectrum of different polishing aluminas which can be readily adjusted to the various finishing requirements of a wide variety of materials. The following tables are intended to provide an overview of the available alumina types.

NABALOX®

Formula:	Al ₂ O ₃
CAS No.:	1344-28-1
EINECS No.:	215-691-6
Harmonized tariff No.:	281820

Polishing Aluminas Survey of types

Typical chemical analysis:	[%]
Al ₂ O ₃	> 99
SiO ₂	0.04
Fe ₂ O ₃	0.03

Very hard calcined aluminas

α-Al₂O₃¹⁾: > 98 % · Primary crystal size²⁾: 3 - 5 μm, platelets

	Abrasivity ³⁾	D50 [μm] ⁴⁾	D90 [μm] ⁴⁾	BET [m ² /g] ⁵⁾	Oil absorption [%] ⁶⁾
NO 205-71	*****	55	90	0.6	35 - 45
NO 230	****	8	45	0.6	15 - 25
NO 115-71	***	6	30	0.7	15 - 25
NO 235	**	4	10	0.8	10 - 20

Hard calcined aluminas

α-Al₂O₃¹⁾: 95 - 98 % · Primary crystal size²⁾: 1 - 2 μm

	Abrasivity ³⁾	D50 [μm] ⁴⁾	D90 [μm] ⁴⁾	BET [m ² /g] ⁵⁾	Oil absorption [%] ⁶⁾
NO 245	****	80	120	0.6	30 - 40
NO 205 G	****	80	120	0.7	30 - 40
NO 255	***	70	110	0.8	30 - 40
NO 255 F	***	60	95	0.8	30 - 40
NO 250	**	50	80	0.8	30 - 40
NO 225	**	8	35	0.8	20 - 30
NO 275	**	6	30	0.8	15 - 25
NO 295	**	5	25	0.9	15 - 25
NO 215 G	**	5	15	0.9	15 - 25
NO 215	*	4	15	0.9	10 - 20

Soft calcined aluminas

α-Al₂O₃¹⁾: 70 - 90 % · Primary crystal size²⁾: 0.1 - 0.5 μm

	Abrasivity ³⁾	D50 [μm] ⁴⁾	D90 [μm] ⁴⁾	BET [m ² /g] ⁵⁾	Oil absorption [%] ⁶⁾
NO 202 II	***	80	120	7	40 - 50
NO 265	**	6	40	8	25 - 35
NO 212	**	5	35	9	25 - 35
NO 313	*	2.5	20	11	20 - 30

Very soft calcined aluminas

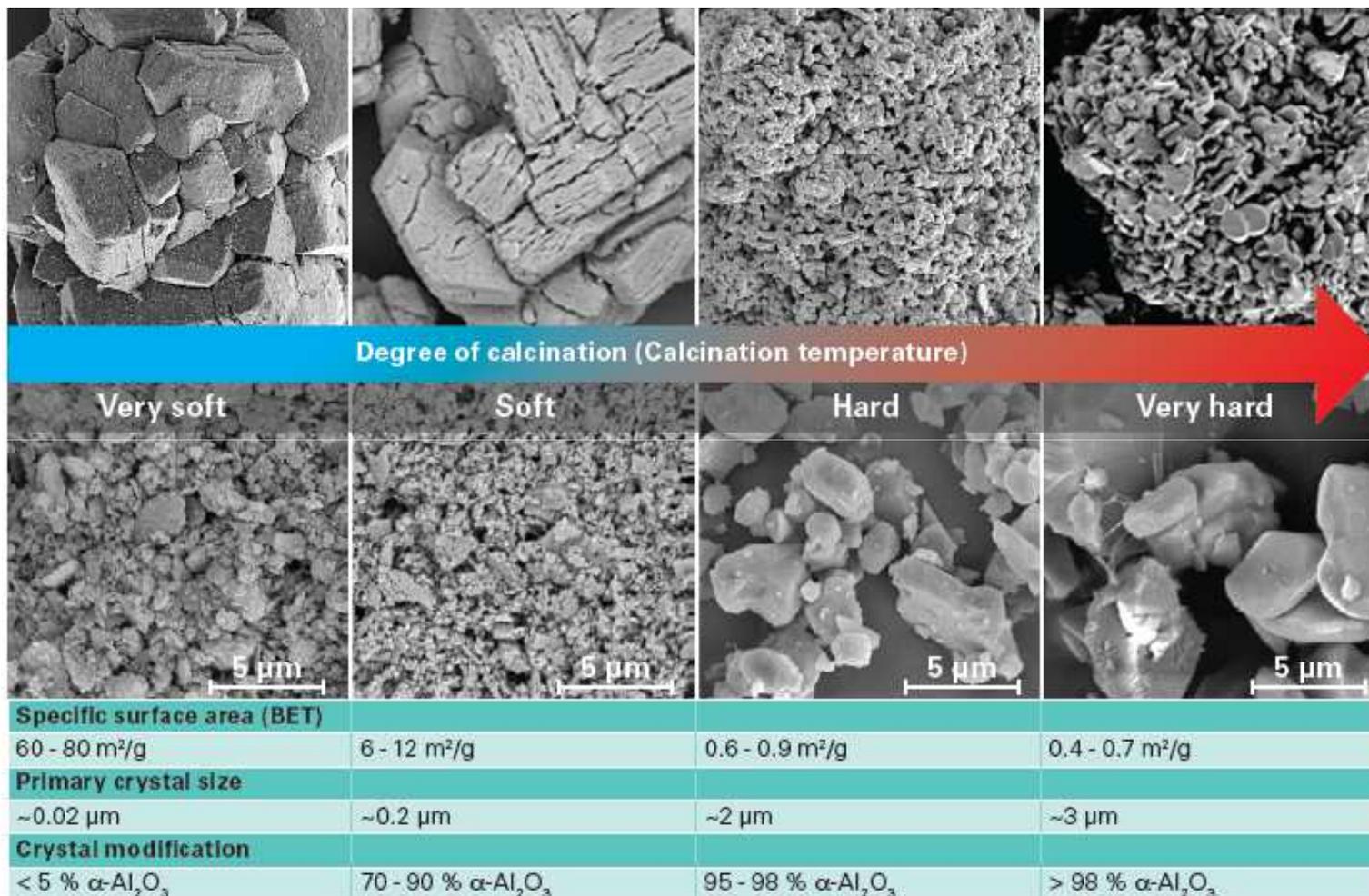
α-Al₂O₃¹⁾: 0 - 5 % · Primary crystal size²⁾: 0.01 - 0.05 μm

	Abrasivity ³⁾	D50 [μm] ⁴⁾	D90 [μm] ⁴⁾	BET [m ² /g] ⁵⁾	Oil absorption [%] ⁶⁾
NO 201	***	80	120	75	50 - 60
NO 221-40	**	40	70	75	45 - 55
NO 221-30	*	30	50	75	40 - 50

¹⁾XRD ²⁾SEM ³⁾comparative polishing test ⁴⁾Laser granulometry Cilas 1064 ⁵⁾DIN ISO 9277 ⁶⁾DIN EN ISO 787 Part 5

NABALOX®
Aluminas

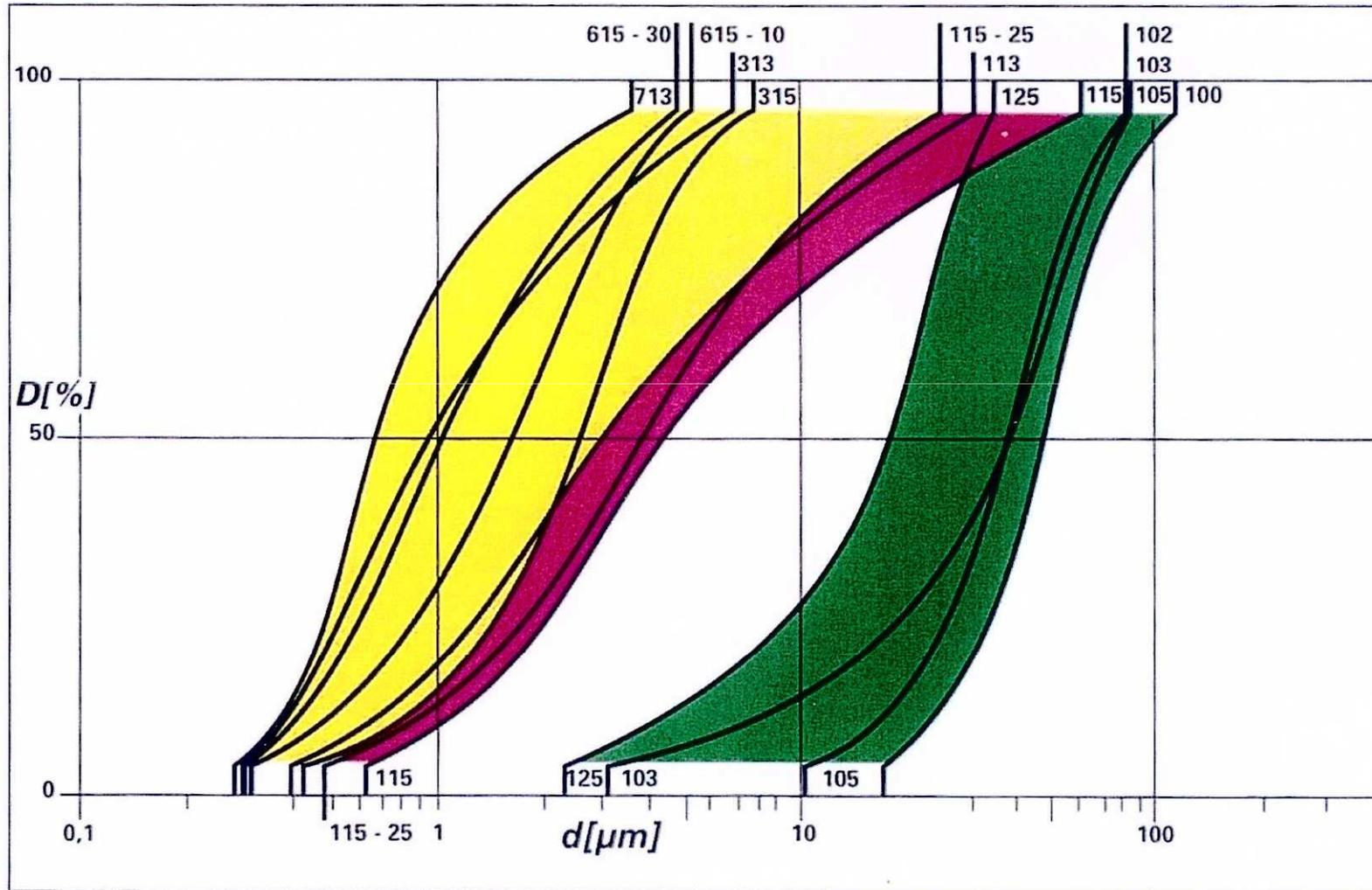
Nabaltec AG
Your partner for high quality products



Alumina NABALOX®

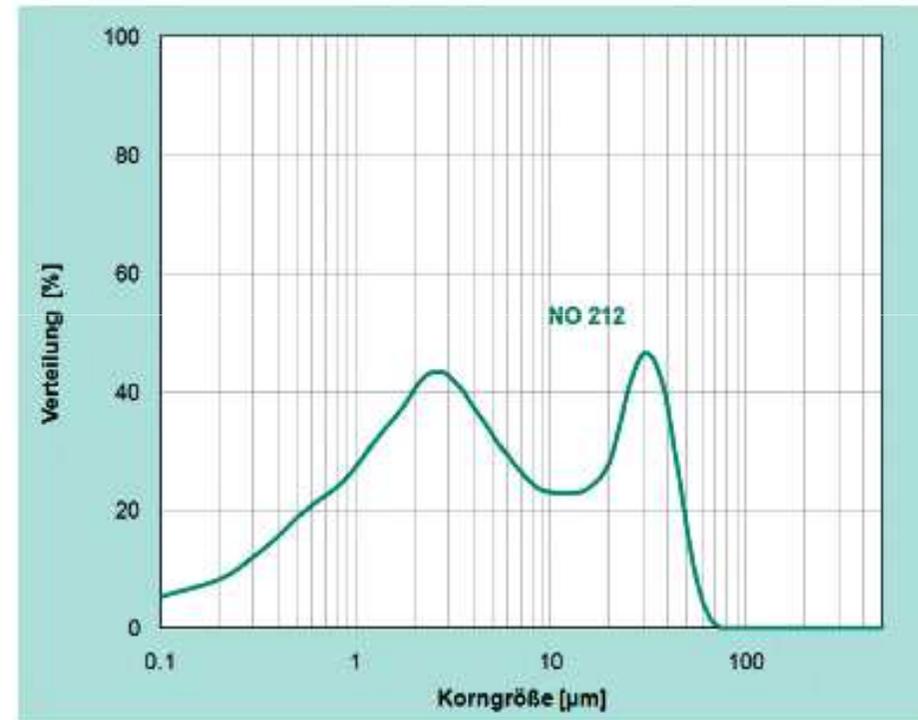
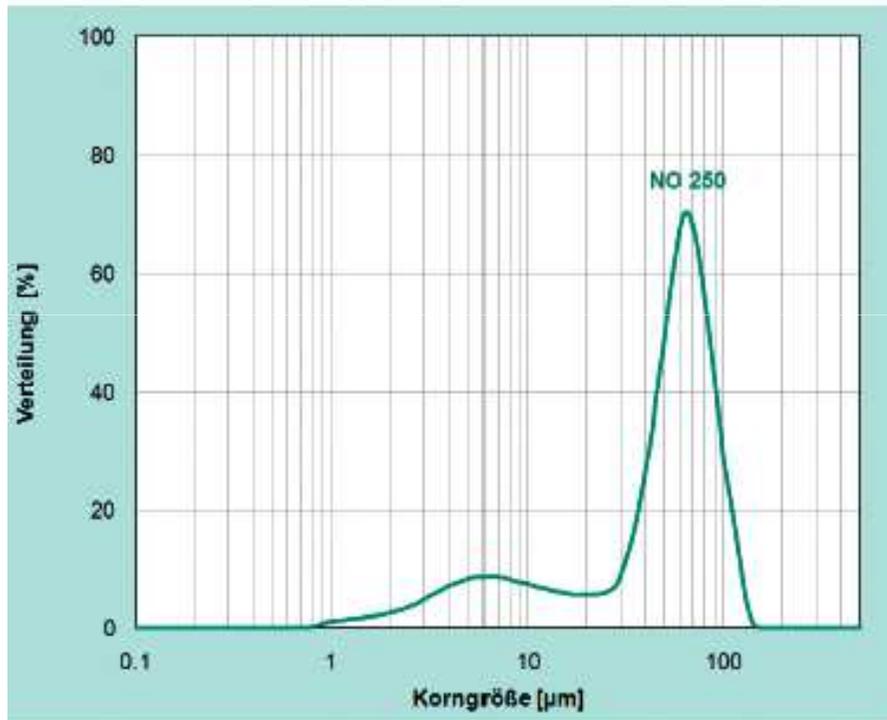
grain size distribution

DISTRIBUZIONE CUMULATIVA



Typical grain size distributions of Nabaltec-Alumina-grades NABALOX®

DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA GRANULOMETRICA



Typische Korngrößenverteilungen

PRODOTTI ABRASIVI

SCIOLTI - POLVERE, MICRONIZZATI, GRANULARI)

FLUIDI - LIQUIDI, PASTE

FLESSIBILI < CARTE E TELE IN NASTRI, FOGLI, DISCHI E SPAZZOLE
FELTRI, TNT, SPUGNE E TAMPONI IMPREGNATI
FILI ELICOIDALI DIAMANTATI

SOLIDI - MOLE, DISCHI DA TAGLIO, CHIPS PER BURATTATURA, PEZZI FORMATI > VIRGOLE
BLOCCHI
SEGMENTI
BACCHETTE
CUBETTI

LIME - METALLICHE E DIAMANTATE

TNT = Tessuto non tessuto

USO DEGLI ABRASIVI SCIOLTI

DIRETTO

PER SFREGAMENTO A SECCO O A UMIDO O PER
SPRUZZO (SABBIATURA E GRANIGLIATURA)

INDIRETTO

COME MATERIA PRIMA PER PRODOTTI ABRASIVI FLUIDI,
FLESSIBILI O SOLIDI

COMPOSIZIONE DEGLI ABRASIVI IN POLVERE USATI PER SFREGAMENTO

All'abrasivo sciolto di tipo e di granulometria opportuna vengono aggiunti acidi in polvere solubili in acqua (ossalico, tartarico, citrico) in grado di disgregare la patina di ossido o di carbonio del ferro o del marmo. Per l'argento si usa l'iposolfito sodico, per l'alluminio il carbonato sodico, per il nichel, il rame e l'ottone il cloruro ammonico e per l'oro il cremor tartaro insieme al carbonato ammonico.

Non manca mai l'aggiunta di polvere di sapone che oltre a migliorare il bagnamento, allontana l'unto e agisce da lubrificante.

ABRASIVI SCIOLTI PER SABBIATURA E GRANIGLIATURA

▪ Gli abrasivi sciolti – sono l'allumina, il SiC, il vetro, la sabbia silicea, la plastica granulare e alcune pietre dure. Il processo viene abitualmente condotto a umido, con acqua come fluido di trasporto, oppure a secco. Le grosse particelle abrasive sono trasportate da una corrente di acqua ad alta pressione o da una corrente d'aria e inviate ad alta velocità a colpire la superficie di lavoro. Sono impiegati in operazioni di pallinatura, sbavatura, lappatura e lucidatura, dove si richiede una superficie di taglio relativamente delicata. Per la sua attività silicogena il quarzo e la sabbia silicea si usano solamente in impianti ermetici.

PRODOTTI ABRASIVI FLUIDI A USO MANUALE O CON LUCIDATRICI A TAMPONE, FELTRO, SPAZZOLA.

- POLISH – Formulazione liquida lucidante e spesso anche protettiva per i metalli.**
- PASTE – Per finitura opacizzante o lucidante delle superfici metalliche o verniciate.**
- CREME E CERE – Generalmente per uso meccanico e finiture a specchio.**

COMPOSIZIONE DEGLI ABRASIVI FLUIDI

Per le paste l'abrasivo viene disperso in grassi (stearina, oleina), cere, saponi molli di potassio e oli (vaselina, paraffina) con l'aiuto di idonei disperdenti. Eventualmente si aggiungono ausiliari acidi del tipo visto precedentemente. La produzione si effettua per dispersione a caldo o a freddo a seconda della viscosità e consistenza del veicolo. Talvolta si aggiungono anche colori minerali che tipizzano e personalizzano il prodotto.

L'abrasivo più utilizzato per paste è attualmente l'ossido di alluminio calcinato di cui sono disponibili diversi tipi a differente granulometria e grado di calcinazione (durezza).

ESEMPI FORMULATIVI DI POLISH

PASTA	
Ac. Ossalico	2
Fe ₂ O ₃	30
Al ₂ O ₃	20
Olio di Palma	42
Sapone di Marsiglia	6
	Kg. 100

LIQUIDO ORGANICO	
Al ₂ O ₃	32
Alcool den.	3
Olio Paraffinico	63
Sapone	2
	Kg. 100

LIQUIDO ACQUOSO LUCIDANTE	
Acqua bollente	50
Cera bianca	4
Emulsionante	5
Trementina	26
Sapone	15
	Kg. 100



COLLEZIONE DI MOLE ABRASIVE

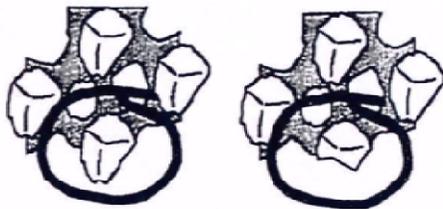
ABRASIVI LEGATI

Abbiamo visto gli abrasivi sciolti (in polvere). L'uso maggiore come materia prima è per gli abrasivi legati cioè flessibili e solidi ove l'abrasivo originale in polvere è densificato tramite leganti.

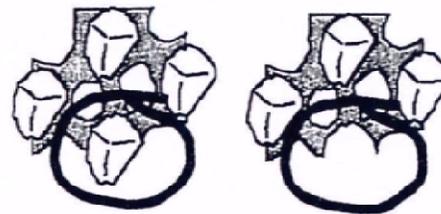
Durante l'uso il prodotto abrasivo legato perde la sua efficacia perché si satura di residui di lavorazione o perché subisce delle rotture. In particolare il grano abrasivo si rompe, si allontana separandosi dal legante o addirittura è il legante che perde la continuità come mostrato nella figura successiva.

Bruchphänomen:

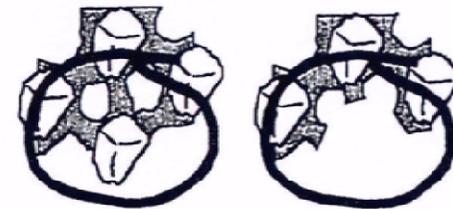
Kornbruch



Kornausbruch



Bindungsbruch



Bruchphänomene beim Kornausbruchsversuch.

PRODOTTI ABRASIVI FLESSIBILI

PROCEDIMENTO DI PRODUZIONE

SUPPORTO FLESSIBILE (CARTA, TELA O FIBRA)



PRETRATTAMENTO CONSOLIDANTE (IMPREGNAZIONE)



1° STRATO DI COLLANTE



SPARGIMENTO DELL'ABRASIVO (ASPERSIONE CHIUSA O APERTA)



ELIMINAZIONE DELL'ECESSO NON ADERENTE



2° STRATO DI ADESIVO PIÙ FLUIDO



ESSICCAZIONE IN FORNO

DETTAGLI SUPPORTO

CARTA

Di peso differente a seconda dell'impiego da leggero e manuale a gravoso e meccanico ed anche a seconda del tipo: nastri, fogli, dischi.

TELA

Ha maggiore resistenza agli strappi e all'acqua. In genere è di cotone o di poliestere. Quest'ultimo è più idoneo per lavorazione a umido.

Peso Carta g/m ²	Peso Tela
A ~ 70	W = Waterproof
B = 90/110	J = Leggera
C = 110/135	JJ = Molto flessibile
D = 135/160	X = Media
E = 185/225	Y = Robusta
F = 250/300	H = Pesante

I supporti più pesanti vengono spesso dotati di velcro sulla faccia posteriore per l'accoppiamento con idonei platorelli

DETTAGLI COLLANTI

**GOMMA LACCA, RESINE FENOLICHE, UREICHE, EPOSSIDICHE, POLIURETANICHE A
SECONDA DELLA RESISTENZA ALL'ACQUA E AGLI OLI O DELLA FLESSIBILITA' RICHIESTA**

DETTAGLI ABRASIVI

**SMERIGLIO, CORINDONE BRUNO, CARBURO DI SILICIO, ALLUMINA, ZIRCONIA CON
SPARGIMENTO CHIUSO E CONTINUO O APERTO E SPAZIATO**

DETTAGLI IMPIEGHI

**LEVIGATURA, SAGOMATURA, SVERNICIATURA, RIFINITURA, LUCIDATURA A SECCO,
AD ACQUA, A SOLUZIONE ANTIOSSIDANTE E AD OLIO**

PRODOTTI ABRASIVI SOLIDI

Si tratta di abrasivi in polvere, agglomerati con diverse tecniche per ottenere solidi di forma diversa:

- **SEGMENTI E VIRGOLE PER FINITURA DI MARMI, GRANITI E AGGLOMERATI CEMENTIZI**
- **DISCHI RIGIDI per taglio e sbavo**
- **MOLE SMERIGLIATRICI per rettifica ed abrasione**
- **MOLE PER AFFILATURA di lame ed utensili**
- **CHIPS PER BURATTATURA a vibrazione o rotolamento. Forma e grandezza varia in dipendenza dei pezzi da trattare**

Il legante e la tecnica di formatura sono decisivi per l'elasticità del pezzo solido e per la resistenza ai liquidi di lubrificazione.

MATERIALI PER ABRASIVI SOLIDI

Allumina

Carburo di silicio

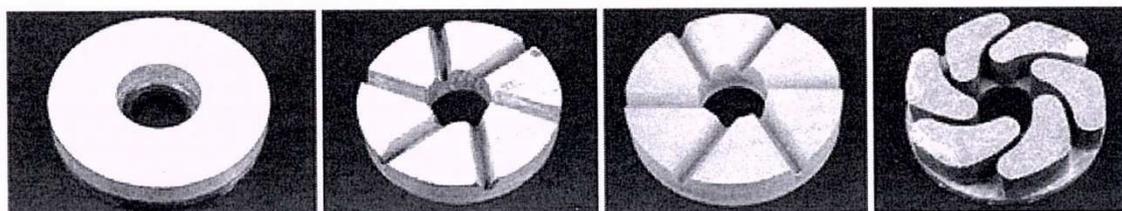
Ceramica

Diamante

Nitruro di Boro cubico

} super abrasivi

Il tipo di abrasivo, la sua durezza e la relativa grana (da 8 = grossa a 1200 = fine per la scala USA Std), determinano le caratteristiche di impiego da sgrossatura a lucidatura.



**SEGMENTI E VIRGOLE
PER LEVIGATURA E LUCIDATURA PAVIMENTI**

SEGMENTI, VIRGOLE

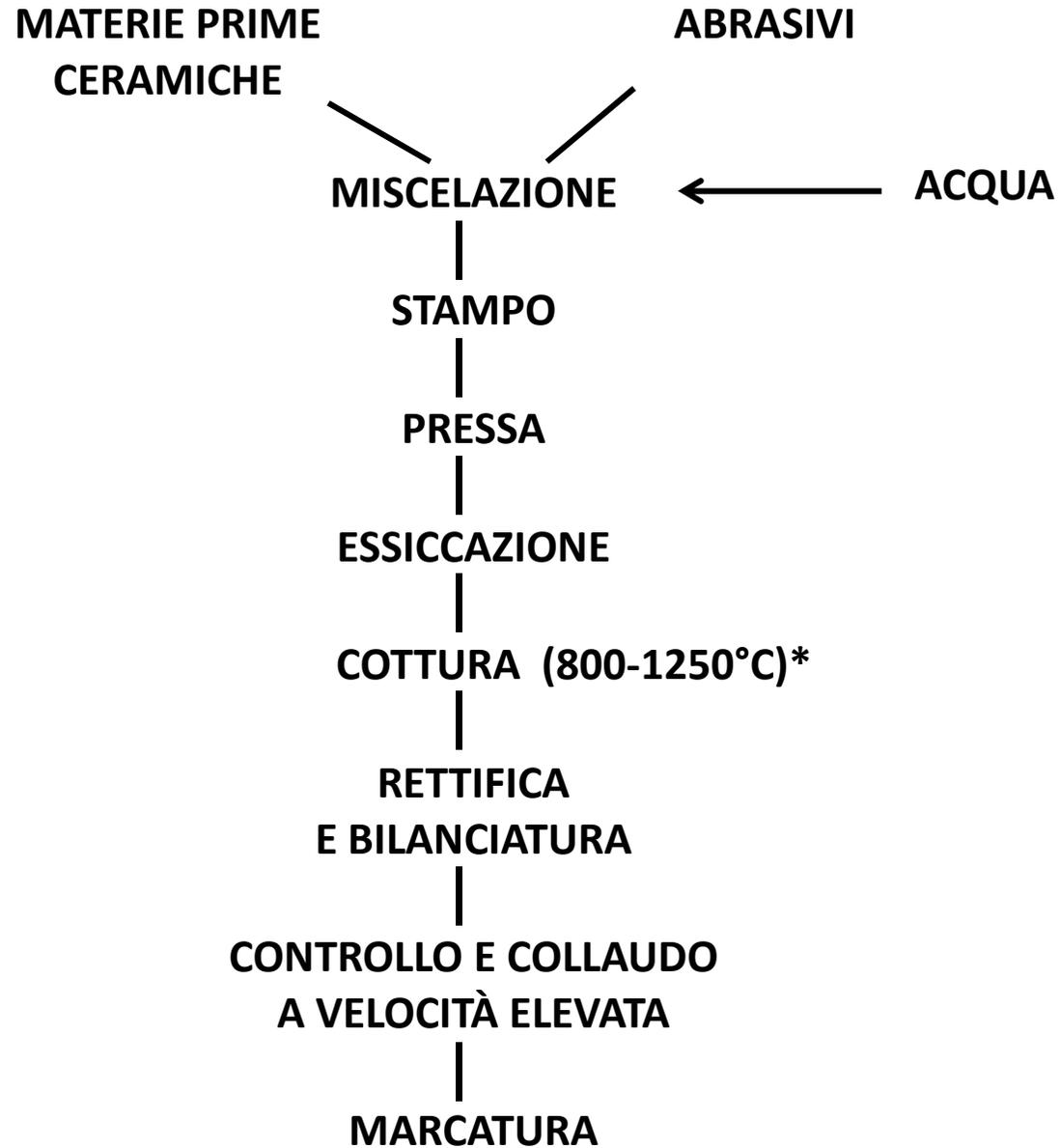
Si tratta di pezzi solidi sagomati costituiti da una agglomerazione tra l'abrasivo (Al_2O_3) e un legante resinoide o colofonico la cui composizione è molto variabile e sviluppata da ogni azienda produttrice in modo autonomo.

L'uso di questi pezzi sagomati è sempre a umido in presenza di acqua eventualmente arricchita da bagnanti, acido ossalico ed altri ingredienti ed ausiliari.



LEVIGATRICE E LUCIDATRICE PER PAVIMENTI

PRODUZIONE MOLE CERAMICHE



* Spesso la cottura avviene sotto pressione per avere mole più compatte con poca porosità

FORMATURA E COTTURA DEI PRODOTTI ABRASIVI SOLIDI CERAMIZZATI

La formatura viene effettuata con presse uniassiali o isostatiche. Il formulato in polvere è costituito da abrasivo + fondente + legante organico (cere, destrina, colle).

La cottura fino a 500°C serve per eliminare il legante organico, da 800 a 1250°C si ha la greificazione.

D, SiC, B₄C e BN non possono superare all'aria i 700-900°C perché si ossidano. Pertanto vanno cotti in atmosfera inerte di N₂.

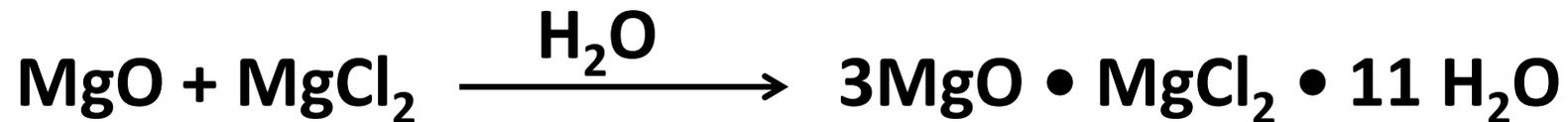
METODI DI DENSIFICAZIONE

La formatura è in stampo manuale o in pressa con successiva cottura:

- V = Vetrificazione e/o greificazione con l'aggiunta all'abrasivo di: vetro in polvere, fritta ai borosilicati, argilla, feldspati e successiva cottura a 1300 – 1700°C.**
- B = Bakelite liquida o resinoidi di altro tipo, con successiva cottura a 150-180°C.**
- S = Silicato di sodio reticolabile con ZnO e caricato con argilla. Successiva essiccazione e cottura a 300°C.**
- E = Gomma lacca con essiccazione a 100°C (5-7%).**
- R = Rubber o altri elastomeri in soluzione o dispersione acquosa. Poi essiccazione e vulcanizzazione a 150-200°C sotto pressione.**
- M = Metalli infiltrati allo stato fuso o elettrodeposto. Per lo più si usa Si, Al o Zn con atmosfera di N₂.**
- O = Ossicloruro di magnesio (cemento SOREL). (15-20%)**
- F = Legante idraulico rinforzato con fibre (per es. BF, RF)**

I leganti devono avere coefficiente di dilatazione termica inferiore all'abrasivo per evitare che con il riscaldamento del lavoro i grani abrasivi si distacchino facilmente.

CEMENTO SOREL



Mescolando ossido di Magnesio in polvere (ottenuto dalla calcinazione del carbonato) con soluzioni concentrate di cloruro di magnesio, si ottiene un ossicloruro idrato che dà luogo a fenomeni di presa ed indurimento come i leganti idraulici.

Il cemento SOREL è in disuso per la scarsa resistenza all'acqua.

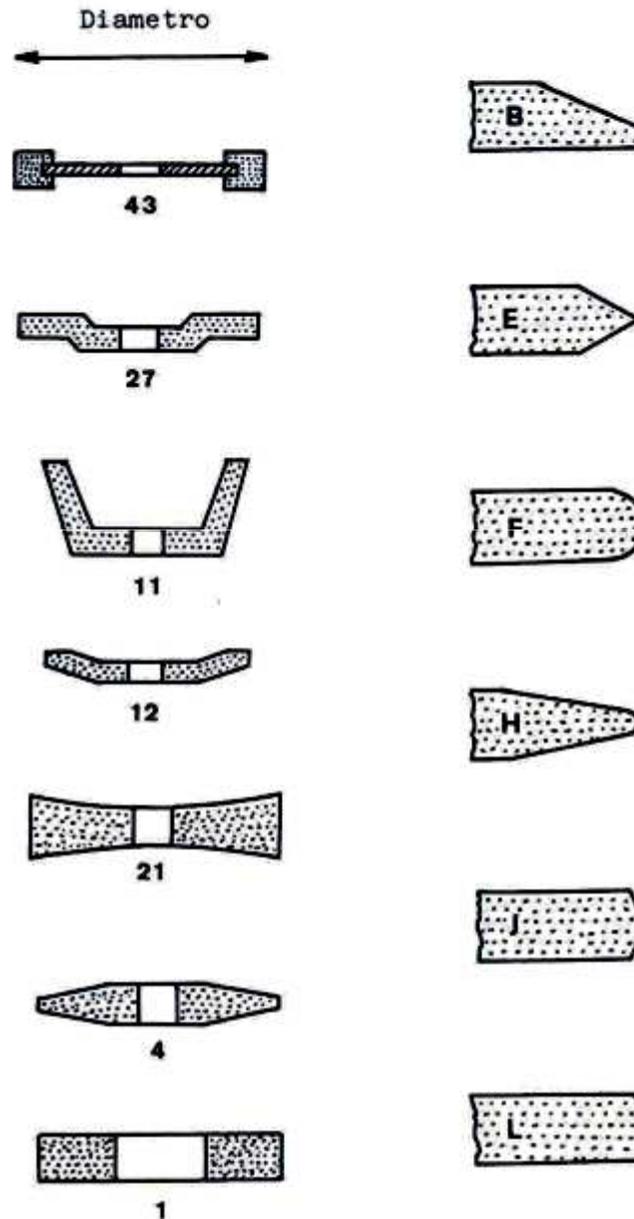
MARCATURA MOLE

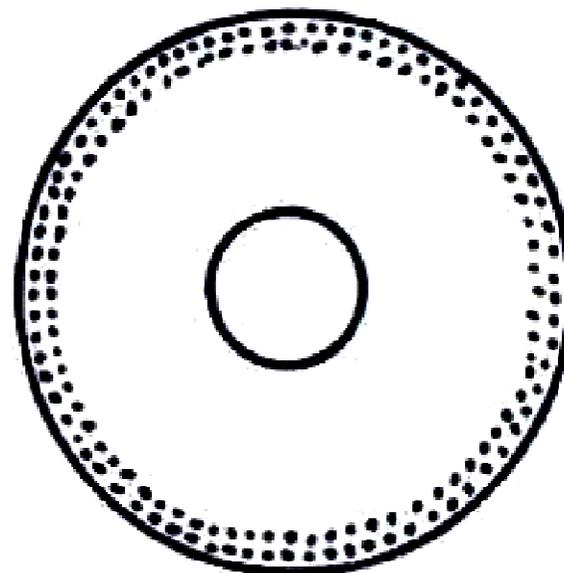
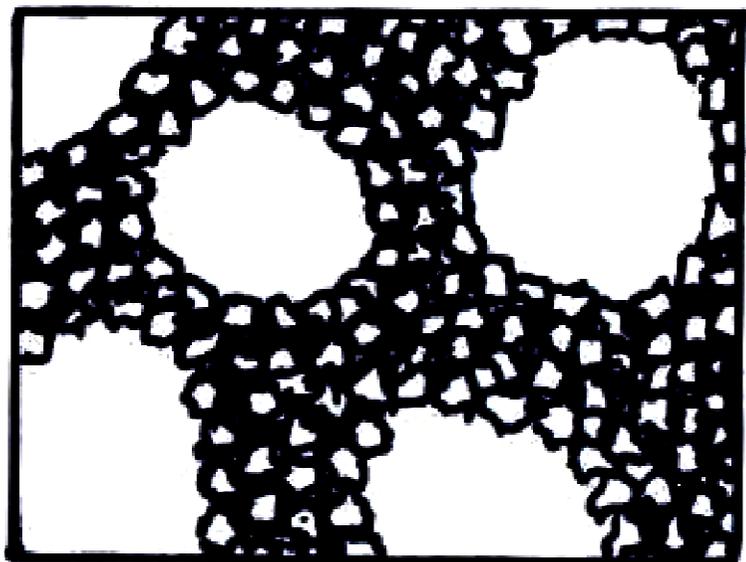
Le mole sono marcate secondo un sistema internazionale con cifre o numeri che indicano da sinistra a destra le seguenti caratteristiche in quest'ordine: varietà di abrasivo (*), tipo di abrasivo, dimensione della grana, grado di durezza, struttura (*), tipo di agglomerante, varietà di agglomerante, come nell'esempio seguente relativo ad una mola di allumina: 51-A-36-L-5-V-23 dove:

- (*) sono simboli facoltativi.
- Il primo e l'ultimo simbolo sono propri del fabbricante.
- Il tipo di abrasivo è: A allumina, C carburo di silicio, Z zirconio, D diamante, B CBN.
- La dimensione della grana sale da 8 a 600 dalla grossa alla fine.
- La durezza va da A a Z dalla tenera alla dura.
- La struttura va da 2 a 6 per quella chiusa, da 7 a 8 per quella media, da 9 a 14 per quella aperta, da 12 a 20 per quella molto aperta (molto porosa) per abrasivi A, C, Z e va da 25 a 100 e oltre per abrasivi D e B.
- Il tipo di agglomerante è: V vetrificato, B resinoide, BF resinoide rinforzato, R gomma, RF gomma rinforzata, E gomma-lacca, Mg magnesiaco.

TIPOLOGIA MOLE

Alcune forme di mole normalizzate: mola a disco (1), m. a disco biconica (4), m. a due incavi svasati (21), m. a scodella (12), m. a tazza (11), m. a centro depresso (27), m. a disco con anima metallica (43). Alcuni profili periferici di mole normalizzati





*Struttura di una mola a elevata porosità (da D.H. Bruins e H.J. Dräger).
Mola a disco metallico con corona diamantata.*



MOTORE A DOPPIE MOLE

LUBRIFICANTI DI ABRASIONE

SCOPI:

- LUBRIFICARE (diminuire gli attriti)
- RAFFREDDARE
- ELIMINARE LE SCORIE
- EVITARE L'INTASAMENTO DELL'ABRASIVO

} = LAVAGGIO

TIPI:

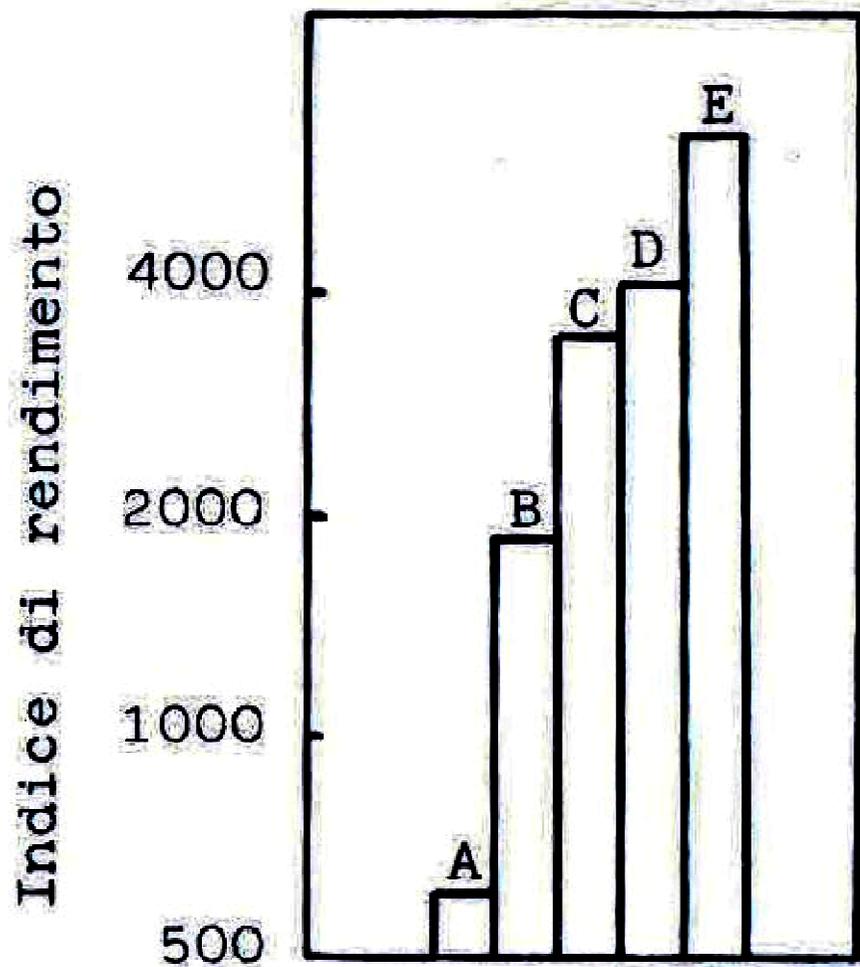
ACQUA

ACQUA ADDIZIONATA CON IDONEI ADDITIVI (ANTICORROSIVI, BAGNANTI etc.)

EMULSIONE ACQUA/OLIO

OLIO PURO

OLIO SOLFOCLORURATO CHE EVITA LA RISALDATURA DELLE SCORIE METALLICHE



*Rendimento di molatura per mole
diamantate e CBN in funzione del tipo e
del contenuto di olio nel refrigerante*

- A olio convenzionale al
2% in acqua*
- B olio convenzionale al
5% in acqua*
- C olio Heavy Duty al
5% in acqua*
- D olio Heavy Duty al
10% in acqua*
- E olio solfoclorurato
puro*

Influenza dei liquidi refrigeranti (FEPA)

Tipo di agglomerante	Acqua	Oli emulsionabili o solubili	Soluzioni alcaline		Petrolio
			al 3%	al 5%	
Vetrificato	nullo	nullo	nullo	nullo	nullo
Gomma-lacca	nullo	nullo	moderato	pronunciato	nullo
Gomma	nullo	pronunciato	nullo	nullo	nullo
Resina	lievissimo	lievissimo	lieve	molto pron.	nullo
Magnesiaco	lieve	nullo	lieve	lieve	nullo

Vibrofinitura a secco con abrasivi

Lo smaltimento della polvere di scarto, dieci volte meno pesante dei fanghi di lavorazione e classificata come non pericolosa per l'ambiente, determinerà anche una **consistente riduzione dei costi**.

Trasformare i vostri attuali vibratori in un impianto per l'utilizzo dei chips "ECOS" è molto facile:



Per modificare il vostro impianto tradizionale ad umido, è sufficiente equipaggiare i **vibratori (1)** di un **coperchio (2)** appositamente ideato per la finitura a secco, e collegarlo con un **aspiratore (3)**.

Ogni tipo di vibratore può essere convertito per la lavorazione a secco. In base al numero ed alla grandezza dei vibratori da convertire, possiamo consigliarvi sulla portata e la potenza dell'aspiratore da utilizzare per ottimizzare i vostri spazi alla nuova tecnologia. Con semplici azioni sarete subito pronti ad utilizzare la rivoluzione "ECOS"

Esempi di abbinamenti aspirazione - buratti



ESEMPIO

LEVIGATURA DEL GRES PORCELLANATO

PROCEDIMENTO:

1. CALIBRATURA SPESSORE E PLANARITÀ CON UTENSILI DIAMANTATI
2. SPIANATURA DELLA SUPERFICIE DA LAVORARE CON SiC A GRANA GROSSA
3. LEVIGATURA CON SOLIDI ABRASIVI A GRANA DECRESCENTE
4. LUCIDATURA A SPECCHIO CON DISCHI ABRASIVI FINISSIMI

I FANGHI DEL MATERIALE ASPORTATO COMPATTATI IN FILTRO PRESSA VANNO RECUPERATI E RIUTILIZZATI PER LA PRODUZIONE DI LATERIZI

Le macchine per la levigatura sono composte da diverse stazioni operanti, ognuna delle quali dotata di teste rotanti, mostrate in figura in cui sono presenti appositi zoccoli in materiale abrasivo che provvedono all'asportazione del materiale.



Testa oscillante per macchina levigatrice,

BIBLIOGRAFIA

- *F. Rabezzana – MANUALE DEGLI UTENSILI – Tecniche Nuove – 2015*
- *L.J. Cores – ABRASIVES – Springer 1971*
- *A.B. Searle – THE MANUFACTURE OF ABRASIVE – Pitman 1922*
- *F. Klocke – FERTIGUNGSVERFAHREN – Springer 2005*

SITOGRAFIA

A. Licciulli – Prof. Unile – *SINGOLE VOCI*

Wikipedia – *SINGOLE VOCI*