

磨料

張德全 宋激遠譯

國防工業出版社

磨 料

蘇聯航空工業部航空工業工藝及生產組織科學研究院編

張德全、宋徵遠 譯

孫榮科 校

江苏工业学院图书馆
藏书章



國防工業出版社

內 容 介 紹

本書係供磨工參考之用。它可以幫助他們選擇研磨工具，又介紹了研磨工具的製造、使用和保管的原理。

本書概要地包括有下列內容：（1）天然磨料和人造磨料；（2）各種磨料成品（砂輪、油石、砂輪塊、砂布研磨膏等）的製造和其質量的檢查方法；（3）按照硬度、粒度和工件的材料來選擇砂輪、油石等的規格；（4）關於砂輪不用金鋼石的修整方法和金鋼石的代用品；（5）砂輪的標準形狀、牌號及其化學處理。

單獨有一章研究了研磨工具的保管與廢磨料的利用問題。

磨 料

蘇聯航空工業部

航空工業工藝及生產組織科學研究院編

張德全、宋激遠 譯

孫 榮 科 校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

書號：0019·787×1092耗1/32·2 $\frac{1}{8}$ 印張·47,000字

一九五五年九月第一版北京第一次印刷

印數：1—1,500冊 定價：0.35元

目 錄

第一章	磨料與結合材料	1
	天然磨料	4
	人造磨料	7
	磨料結合劑	10
第二章	磨料製品	14
	砂輪、油石和弧形砂輪塊	15
	毛輪與布輪	22
	砂布（砂紙）	26
	研磨膏與拋光膏	30
第三章	砂輪規格的選擇	37
第四章	金鋼石代用品，不用金鋼石的修整	50
第五章	砂輪的標準形狀、牌號及其化學處理	54
	砂輪的標準形狀	54
	砂輪的牌號	57
	成品砂輪的化學處理	57
第六章	廢砂輪的利用和保存	60

第一章 磨料與結合材料

在金屬加工工業中對零件進行磨削、搪磨、研磨、拋光和超級精磨等加工時，都得使用磨料。

航空發動機上絕大部分的零件都得用磨料進行加工，其中有些零件要用磨料經過幾道加工，例如；聯桿要經過磨削、搪磨和拋光。零件往往要用磨料依次地進行各種加工，例如：磨削和拋光，磨削，然後進行超級精度。除金屬加工工業外，磨料還廣泛地應用於其他生產部門，如各種木材和皮革的加工、磨粉業及礦物、玻璃、橡皮、骨質、角質、紙板、膠木、塑料等的加工。

磨料之所以應用得如此廣泛和在航空與儀表製造業中具有其特殊意義，是由於只有藉磨削工具才能使零件的加工表面達到高級精確度和正確的幾何形狀。以航空發動機製造業而言，製造公差可達千分之一公厘。藉磨料可以從金屬表面上磨掉任何厚度的金屬層，直至幾十分之一公微（1公微等於0.001公厘——譯者註）。用磨料加工的表面，除精確度以外，還具有高度的光潔度，因此其抗蝕耐磨性和化學安定性是很高的。

磨料是一種從礦物、岩石和冶金產物中提鍊出來的顆粒。例如：從碳化鎢、碳化硼和其他硬度高的化合物中就可以提鍊出這種顆粒。

此種顆粒的尺碼種類很多，自2.5至0.005公厘，即大約像小麥大的顆粒到最微細的灰塵的顆粒都有。此種顆粒的硬度具有很大的意義，因為每個顆粒都是磨削工具、研磨粉和研磨劑的組成部分，當受到壓力後（機床上的送進或手工方式加工

零件時，工人手操縱的壓力），應吃入加工表面并從其上面磨去一層小的金屬屑。

顆粒的形狀有圓的、三稜的和立方的三種。十分明顯，圓顆粒缺乏切削所需之鋒利稜角，因此只能完成最輕的工作。圓顆粒普通可在用鈍的砂輪上看到，砂輪變鈍是在砂輪的選擇不適用於工件時最為常見的一種現象。顆粒被碾碎時呈三稜形，此種顆粒具有高度的切削性能，但很不堅固，容易折斷。立方顆粒是最好的一種顆粒，這種砂粒具有足夠的堅硬性和良好的切削性能。

因顆粒要起刀具的作用，因此它應當滿足一系列的物理要求。

顆粒應當比加工的材料硬，否則在加工時，便不能從另件表面上磨下金屬屑。大家都知道，磨料越硬，切削性能就越好。很多磨料的硬度接近於金鋼石。金鋼石由於顆粒很硬和結晶體排列合適，它本身就是一種最好的磨料。

磨料顆粒硬度的確定在製造磨料的生產中有着重大的意義。最簡單的比較方法是使用莫氏 (Mooc) 表 (表 1) 來測定硬度。這種方法是將被試驗材料的硬度與專門選出的十種礦石的硬度進行比較。就是用一小塊磨料與表內列舉的礦石標本摩擦，看在其中那一塊礦石上開始劃不出痕跡，則此礦石的硬度或其與相隣較軟的礦石之間的硬度，即相當於磨料的硬度。但用此種方法求得的結果，不一定經常準確。

較精確的確定可以採用當氏 (Дан) 方法。其試驗方法如下：在兩塊預先經過精密衡量的金屬板之間放上研磨粉，然後用一定的壓力來摩擦，之後再衡量金屬板。在摩擦過程中因研磨顆粒磨掉一部分金屬，結果使兩金屬板的重量減輕，根據該金屬層所減輕的重量就可評定磨料的硬度和研磨性能。

表 1

莫氏 (Mooc) 表

金剛石	10	石英	7
碳化鈹	9 ³ / ₄	長石	6
氧化鋁	9 ¹ / ₄	磷灰石	5
紅玉	9	螢石 (氟石)	4
黃玉	8	方解石	3
金剛砂	6~8	石膏	2
		滑石	1

顆粒除具有硬度外，還應具有足夠的韌性，即能承受很大的壓力而不致碎裂的性能。同時研磨顆粒也如同所有的切削工具一樣，應該具有相當尖銳的切削刃和某種程度上的脆性，以便在工作過程中能自行磨銳，即能自動裂開，露出新的鋒利的刀刃。因此顆粒應當具有如此程度的韌性，即能使顆粒在切削過程中不致過早地折斷，而能切下完整的金屬屑；但同時也不應當太韌，以便使砂粒用鈍後能自行脫落和碎開，露出新的砂粒或切削刃來進行切削。

磨料的機械性質在很大程度上是決定於其成分的純度。無用的雜質會減低磨料的質量，所以應盡量減少。例如：謝米茨-布古 (Семиз-Бугу) 天然氧化鋁平均含有各種不同的雜質 4.5~14%，此種雜質使製造砂輪的過程複雜化，並會減低砂輪的質量。若利用化學成份很固定的人造氧化鋁時，則此過程可以大大簡化。

所有的磨料可分成。天然磨料——即在自然界中所遇見的磨料和工廠製造的人造磨料兩種。

所以要製造人造磨料是因為天然磨料有很多缺點，例如：天然磨料沒有足夠高的硬度。在顆粒中常見的結晶體組織的不均質度，甚至還有金屬氧化物存在（鐵、鈦等），這些大大地影響了磨料的質量。

製造人造磨料時，其成分可以按照規定要求的性能而變更。例如使韌性做得強些或使顆粒具有較銳利的邊緣等；而天然磨料只能用天然具有的性能來進行工作。

天 然 磨 料

在金屬加工工業中最常用的天然磨料有下列幾種：

- 1) 氧化鋁（其中也包括金鋼砂），
- 2) 燧石，
- 3) 石英，
- 4) 石榴石，
- 5) 浮石，
- 6) 金鋼石。

在人造磨料中應指出下列幾種：1) 碳化矽，2) 人造氧化鋁，3) 碳化硼和其他金屬碳化物。

氧化鋁（剛玉）是在自然界中常見的一種礦物，主要有三種形態：貴重的氧化鋁（紅玉，青玉），普通的氧化鋁和金鋼砂。在磨料成品的製造中採用後兩種。

普通氧化鋁是由三氧化二鋁（ Al_2O_3 ）結晶體和少量雜質組成。氧化鋁的顏色由草黃色至暗灰色。結晶體不透明，形狀經常接近於立方形，裂開時能形成足夠銳利的尖刃。天然氧化鋁的硬度在莫氏（Моос）表上為6~8。硬度較大的一種是蘇聯國產的謝米茨-布古（Семиз-Бугу）氧化鋁，這種氧化鋁是由產地而得名的。用此種氧化鋁可以製造超微粒研磨粉——分鐘劑（譯者按：即水沉法研磨粉）——和砂輪，特別是適宜於製造“冷”結合的砂輪。此外天然氧化鋁還可以製造砂輪塊和油石。

金鋼砂 在其化學成分方面是屬於氧化鋁組的。它的硬度

低於普通氧化鋁，其中所含無用的雜質亦較多。現在製造砂輪，砂輪塊和油石多不採用金鋼砂，僅利用其粉末供拋光與製造砂布用。

燧石 在自然界中呈大塊礦層、石子和砂子的形狀。其硬度為莫氏表中的7~8之間。在磨料工業中可用其碎粉製造砂布。

石英 是一種岩石，常見的形狀為岩石和砂子。其硬度在莫氏表內接近於8。石英的碎粒可製造磨料。過去常用石英製造砂布及用於噴砂機上；近來用石英製造無心磨床上的主動輪，以代替較缺乏的氧化鋁磨料（人造氧化鋁）。

石榴石 是一種非常美麗的暗紅色或櫻桃色的礦石；具有莫氏表中7~8的硬度。在蘇聯工業中採用不廣，有時可用來製造砂布。

浮石 是一種多孔的玻璃質的火山噴出的產物。浮石的硬度為莫氏表中的6。用浮石可磨成油石和製造人工結合成的油石，以供磨削金屬和研磨工作用。浮石的硬度雖低，但製成的研磨材料並不壞，因為它在摩擦時不留下劃痕（不損害加工表面）。

金鋼石 是一種結晶物（圖1），其硬度為莫氏表中的10，即其硬度高於一切已知的不論是天然的或人造的磨料。金鋼石在自然界中異常稀少，而用人工製造亦尚未成功。就其高度的磨削性能而言，是最好的磨料，但因其價值過高，大大地限制了它的使用範圍。金鋼石雖然硬度高，但很脆，故在工作時要使它避免受到撞擊，以免碎裂。濕度變更時，金鋼石的感應異常敏銳；在工作過程中如果有水掉在熱金鋼石上，則金鋼石會產生裂紋，並且會變得不能使用。

金鋼石的化學成分是一種純炭的同素異形體。經過磨削和拋光的金鋼石叫做金鋼鑽，透明無色。這是一種貴重的寶石，

在技術上並不採用，因為它在精製的過程中會失去其固有的機械性能。工業用的金鋼石顏色由茶色至黑色。

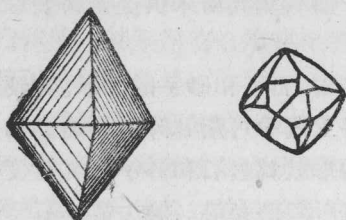


圖 1. 金鋼石的結晶體

工業金鋼石共分三種：包爾特（Борты），巴拉塞（Балласы）和卡爾保納特（碳酸鹽）。

包爾特和巴拉塞不如金鋼鑽（Бриллионт）透明，呈淺黃色。

卡爾保納特不透明，其構造如小形結晶體，呈灰褐色。其磨削性能高於包爾特和巴拉塞。金鋼石的大小，用10至400毫克重量單位計算，有時也用克拉特計算。每一克拉特等於0.2克，或者等於200毫克（mg）。

在工業上不僅採用整塊的金鋼石，而且還採用金鋼石的粉末，甚至採用金鋼石灰。金鋼石塊的結晶體可用來修整和車削砂輪以及用於鑽探工作中。用金鋼鑽可以切割尺碼小的砂輪。圓錐形的金鋼石頂尖，鐸在專門儀器的桿上，可用以測定金屬的硬度。用金鋼石車刀具有極高的生產率並能車出優良的零件表面。金鋼石碎塊和金鋼石灰可供磨銳金鋼石車刀之用。此外還可以用來製成金鋼石砂輪來磨削特別重要的硬質合金切削工具。

爲了代替特別貴重的大金鋼石，近來多用金鋼石粉製成的所謂金鋼石筆，用於車裝和修正砂輪。然而並非一切金鋼石都適用於修整磨料成品。在顯微鏡下觀察金鋼石斷口時，好的金鋼石不應呈粒狀，顯現的孔隙（小黑點）不應太多。斷口的顏色應爲深綠色或黃色。

當修整時，將金鋼石置於一特別鋼桿上（圖2），並用填壓、鐸

接和將金鋼石碎塊壓入特種合金內的方法將金鋼石固定起來。

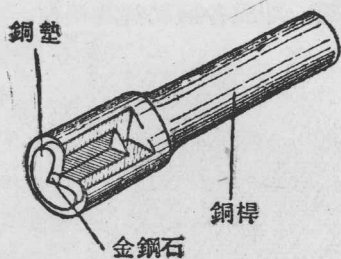


圖 2. 金剛石刀桿

第一種方法是將金剛石填裝在一個鋼質軟墊內，這種方法很快，但如果在修整砂輪時，不按照工藝規程，金鋼石很快就會從座內掉出來。

第二種方法（銲接法）能將金鋼石固定得很牢穩，但在銲接的過程中必然要產生高溫，所以會使金鋼石失去機械強度。

第三種方法是把金鋼石碎塊和特種合金混在一起壓裝成所謂金鋼石筆。按金鋼石在合金內的排列，金鋼石筆可分為“**A**”“**B**”和“**B**”三種。“**A**”型內金剛石碎塊橫層排列，“**B**”型內縱層排列，（沿筆桿中心線），最後一種“**B**”型則不按次序排列，無一定方向。筆桿的形狀為圓柱形，“**A**”型、“**B**”型筆桿含金鋼石碎塊 2 克，“**B**”型含 0.5、0.75 和 1 克。金鋼石筆的尾部為固定筆桿於夾具上之用，故無金鋼石。

人 造 磨 料

玻璃 普通玻璃瓶碾碎後，可以用來製造木工用的砂布。

碳化矽（Карборунд）這是現代工業中最常用的人造磨料的一種，它是由石英砂與石油焦炭、木炭或無烟煤形式的炭素在電爐內加熱煉製出來的。在加熱到 1920°C 時，石英石中所含的氧化矽與炭素結合形成碳化矽，但碳化矽成份中普通總是殘留有少量雜質——原料中留下來的氧化鐵和氧化鋁。此種雜質在碳化矽中的含量不得多於 0.5%，因為這些雜質對磨料成

品的質量會產生不良的影響。將相互結成大塊的碳化矽結晶體（圖3）自電爐內取出，置於強大的破碎機內搗碎，經過特種化學處理，除去雜質並按大小分類，即成各種尺碼的顆粒。

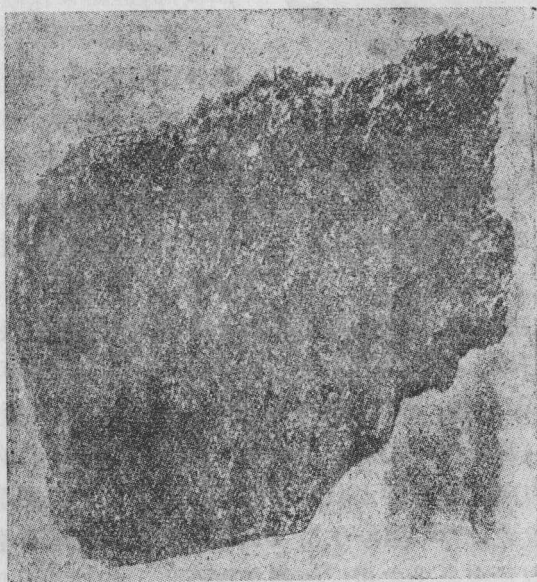


圖3. 碳化矽結晶體

化學成分很純的碳化矽結晶體透明無色，工業用的碳化矽具有各種顏色——由綠色至黑色；其結晶體在光下能閃閃發光。碳化矽的磨削性能大大超過天然磨料，他硬度很高，按莫氏表在 $9\frac{3}{4}$ 的範圍內，僅次於金鋼石和碳化硼。碳化矽的結晶體具有銳利的邊和光滑的面，在裂開時，能產生鋒利的切削刃。上述特性便決定了碳化矽有高度切削性能。但是碳化矽和其他磨料一樣，也有缺點（韌性較低），因而限制了它來加工淬過火的硬鋼。在加工淬火硬鋼時，碳化矽砂輪剝落的很多，從而失

去其剖面形狀，並且不能加工出需要的表面光潔度。用碳化砂砂輪加工對切削顆粒的阻力較小（脆而軟）的材料時，能產生良好的效果。碳化砂砂輪可用來磨削鑄鐵、青銅、黃銅和紫銅。特別是適宜於鋁活塞、滲氮鋼零件的精密加工。這種加工的生產率很高，而工件表面也精確均勻，並能保持自己的型面不變。鏜磨汽缸孔時，可採用碳化砂油石。

碳化砂共分兩種：1) 黑色普通碳化砂；2) 綠色特殊碳化砂。黑色普通碳化砂的硬度低於綠色碳化砂，但具有很高的韌性，因此可用於粗磨工作。綠色特殊碳化砂的硬度較高，其切削性能亦大大地高於黑色普通碳化砂，故只可以用來製造刃磨硬質合金工具用的砂輪。碳化砂製品因具有很高的硬度與切削性能，可以代替金鋼石來修整砂輪。用碳化砂研磨粉可以研磨玻璃，研磨平台。

人造氧化鋁（電爐氧化鋁、鋁砂“ОЛОКСИД”和氧化鋁“即三氧化二鋁”）是用人工方法製造的，由氧化鋁結晶體組成。其原料是普通鐵礬土、粘土、瓷土、石榴石和含有鋁礬土的岩石。在自然界中常見的鐵礬土都埋藏在礦床裡，由氧化鋁、氧化鐵和少量的其他金屬氧化物雜質組成。

鐵礬土與炭素 在溫度為 $2200\sim 2400^{\circ}$ 之間的電爐內溶解。鐵礬土溶解時，雜質析出，氧化鋁成結晶，構成數噸重的大塊氧化鋁。將此大塊打成小塊，再把小塊打碎成顆粒；然後細心地挑選，清除雜質，曬乾後用篩子過篩。氧化鋁的硬度較次於碳化砂，主要區別在於韌性較強。結晶體的形狀與碎裂後形成尖銳的切削刀的特性，使得氧化鋁具有特別良好的切削性能。氧化鋁的硬度和韌性決定於其所含氧化鋁結晶體的百分比；百分比越大，硬度越高，但韌性越弱。通常將氧化鋁分成三種：

1) 黑色氧化鋁，含氧化鋁結晶少於92%，2) 標準人造氧化

鋁，含氧化鋁結晶92~97%，顏色由淺褐色至深褐色，3) 玫瑰色或白色特殊氧化鋁，含氧化鋁結晶98~99%。後一種氧化鋁最貴重。其原料不用鐵礬土，而是用純鋁礬土。

氧化鋁顆粒因兼有很高的硬度與韌性，故宜製造加工各種鋼與可鍛鑄鐵用的砂輪。

白色氧化鋁 用於準確的精細加工，在特別重要的研磨工作中用白色氧化鋁粉拋光金屬。用白色氧化鋁油石鏜氣缸孔和聯桿孔，並可用於拋光、超級精磨和其他許多表面加工工序。氧化鋁砂輪和碳化砂砂輪一樣，也可用於青銅、黃銅和鑄鐵的加工。

因氧化鋁較碳化砂堅固，故採用氧化鋁製造的砂輪可加工出優良的加工表面。

碳化硼 碳化硼是一種硼與碳的化合物，其硬度接近於金鋼石。結晶體不透明，呈黑色，有鋒利的切削刃，但很脆。碳化硼粉和碳化硼研磨膏可用於研磨工作。碳化硼製成的砂輪可以代替金鋼石砂輪進行切削工具的研磨工作。碳化硼製成的砂輪可以代替金鋼石砂輪進行切削工具研磨工作。碳化硼可用於鑽、切檢驗用的玻璃。

磨料結合劑

砂輪油石和砂輪塊的組成成分除磨料以外，尚有結合物質或稱為結合劑。結合劑的用途是把磨粒結合成研磨工具。

結合劑的物理和化學性能，既須適合磨料的特性，又應符合於其製造和使用的條件。主要結合劑有兩種：有機結合劑和無機結合劑（或稱礦物結合劑）。有機結合劑包括硫化橡膠、虫膠、油脂和人造樹脂結合劑。用途最廣的無機結合劑是黏土結合劑。

硫化橡膠結合劑 其原料為生橡膠。此外在結合劑中還加入30%的硫，將生橡膠用汽油浸軟，與硫攪和，然後將磨料放入結合劑中。用硫化橡膠結合劑製造的砂輪具有彈性和高度的強度。這種特性能使我們製造直徑很大而厚度僅達0.1公厘的砂輪。此種砂輪用於開槽與切斷工作中最為適宜，生產率亦很高。硫化橡膠砂輪能承受最大的圓周速度（達75公尺/秒），而使用黏土結合劑工作時，圓周速度一般不能超過30~35公尺/秒。無心磨削用的兩個砂輪（主動輪和切削輪）都可以用硫化橡膠結合劑來製造。

硫化膠在200°的溫度下會發生燃燒，故用此種砂輪工作時，須用冷卻劑。

虫膠 虫膠是一種貴重的進口材料，它是由昆蟲蠶食了某些植物的葉子後分泌出一種分泌物產生的。經過清洗的虫膠有幾種有趣的特徵：熱至70~80°時熔化，溫度繼續升高至160°C時凝固，冷卻後能呈凝固狀態。所謂虫膠砂輪的製造就是把虫膠和白堊粉混合，撒入加熱的砂粒，在此種情形下，虫膠熔化成黏合材料。攪拌後，盛入鐵盤內使之乾燥。將所形成的硬塊搗碎後用篩子篩過，這樣便形成了每顆磨粒外面都包有一層均勻的虫膠結合劑的黏合材料。然後便可以開始製造砂輪。虫膠砂輪的特性和使用範圍與硫化橡膠類似，但因價值昂貴，故應用不廣。

巴克立特膠（一稱人造樹脂——譯者註）是由石碳酸和蟻醛溶液製成，二者混合後即成巴克立特膠，能夠熔化和在酒精中溶解。若將人造樹脂加熱至120°，則失去其在酒精中溶解的性能；若繼續加熱至180°，則停止熔化且變得具有足夠強度，但在超過該溫度時，則失去其強度。故用巴克立特膠製造磨料成品時，其加熱溫度不應超過140~150°。人造樹脂會溶解

於鹼類中，故使用冷却方法工作時，冷却液成分中的鹼不得超過 1.5%。用巴克立特膠製造磨料製品比用黏土簡單迅速得多。

巴克立特膠結合劑砂輪堅固、有彈性、工作時允許有很大的圓周速度，在加工滲氮零件與淬火鋼零件時，不會沿磨削方向產生裂痕。巴克立特膠砂輪的使用範圍和硫化橡膠砂輪一樣。此外，還可以用此種結合劑製造磨削平面用的砂輪塊和鏟磨用的油石。

爲了提高黏土結合的砂輪的硬度，可將砂輪浸以巴克立特膠液。用黏土結合劑製造的砂輪佔全部磨料製品的 90%。製造黏土結合劑的原料爲黏土。

黏土在自然界中的種類很多，但並非每一種都可以用來製造磨料成品。如磚瓦用的黏土含有砂子、氧化鈣和鐵質化合物等許多雜質，因此不能應用。製造黏土結合劑用的黏土稱爲耐火黏土。此種黏土所含雜質很少。此外，在結合劑中並添入容易熔化的黏土、長石、滑石、白堊粉、石英和水玻璃。滑石和白堊粉有減低結合劑的熔化溫度的功用，水玻璃除有這種作用以外，還可使黏合劑在焙燒前具有一定的強度，這就使我們易於保管尚未焙燒的砂輪坯。

製造砂輪時，結合劑的一切硬質組成部分須磨細，黏土的粉末要用 60 號篩子篩過，石英和長石要用 100 號篩子篩過。然後將結合劑的各組成部分放在一種專用的拌攪機內和一定量的磨粒攪和，並用水與水玻璃溶液濕潤，然後將所得的物質用 4 號篩子磨篩，以便耙鬆，剔去小塊。然後即可製造磨料成品。

黏土結合劑砂輪因具有多孔性，故在工作時能達到很高的生產率，爲排除從加工表面上切削下來的金屬屑創造了良好的條件。此種砂輪在用冷却劑工作時不會被泡軟，但濃的鹼溶液

可腐蝕結合劑，故可利用它來改變砂輪的硬度。因黏土結合劑性脆，用它製成的砂輪容易破裂，故其厚度不應小於2公厘，使用時必須特別小心。

用黏土結合劑製造的砂輪在生產中用途甚廣，可用於各種方式的磨削工作，包括磨螺紋、鏜磨和超級精磨。