



鋼鐵產業再利用資源管理

台灣鋼鐵工業同業公會

2020/10

大綱

☞ 鋼鐵產業介紹

➤ 一貫煉鋼製程與電爐製程

☞ 電爐集塵灰之再利用

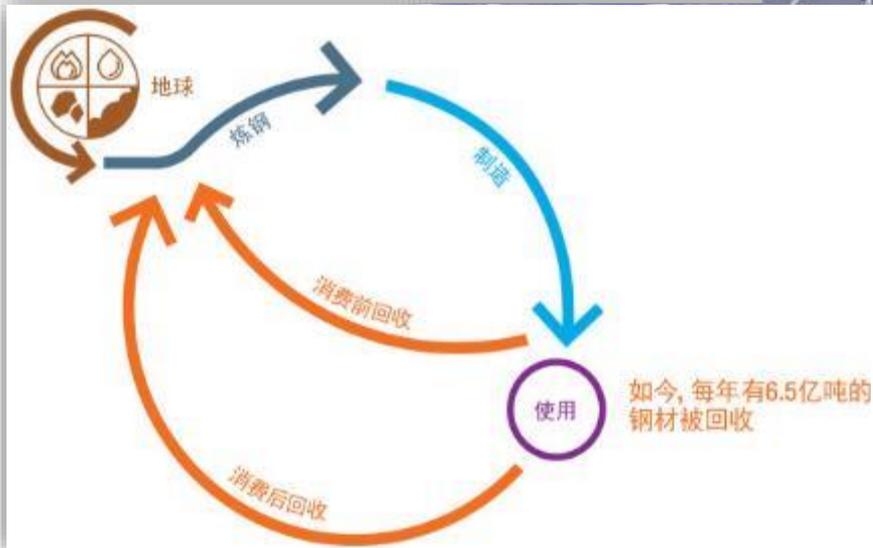
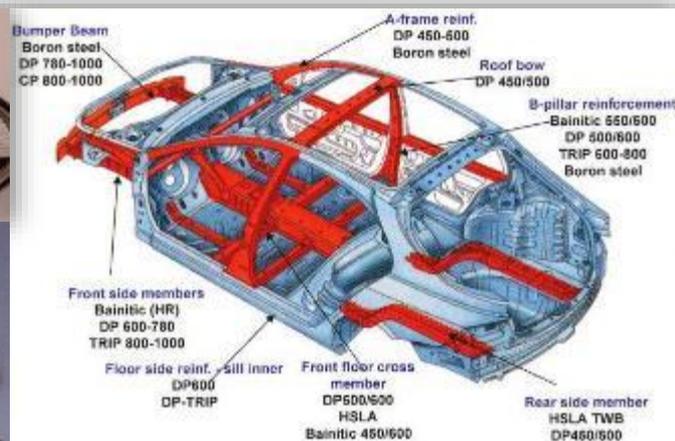
☞ 煉鋼爐渣(石)之再利用

☞ 推動爐渣(石)資源管理

☞ 結語

鋼鐵產業之特性

- ◆ 工業之母
- ◆ 用途最廣的材料之一
- ◆ 可回收再生



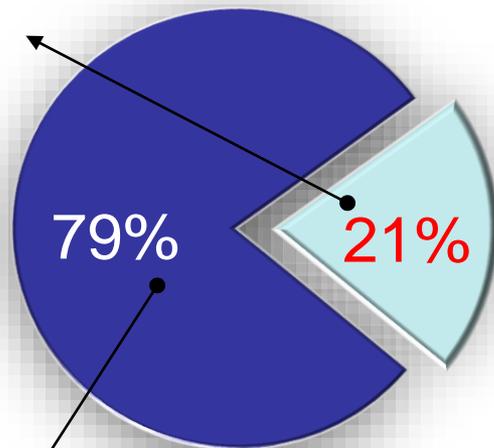
- ### 钢材属性
- 无限次回收, 属性无损失
 - 永久材料
 - 容易利用其磁性分离和回收

- ### 钢回收的收益
- 节约原料: 回收一吨钢可平均节约: 铁 1,400 千克, 煤 740 千克, 石灰石 120 千克
 - 节能70%: 回收单钢可节省: 1 次洗衣负荷, 或 1 小时电视机, 或 4 小时照明 (60瓦的灯泡)
 - 就业机会: 废料收集、分类和回收所需的就业机会

鋼鐵產業之特性

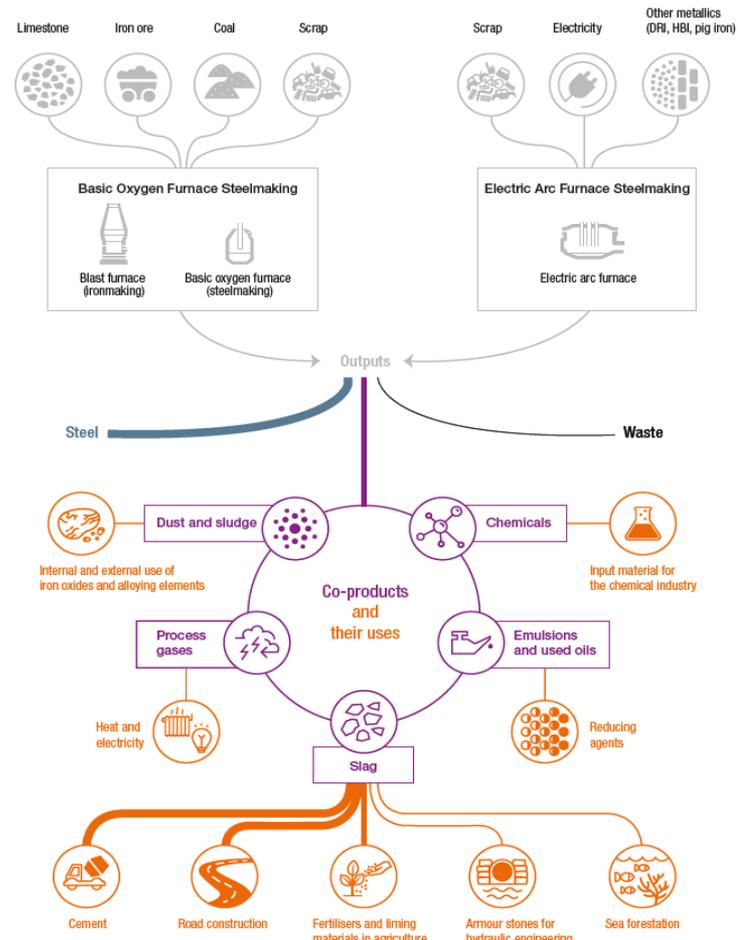
- ◆ 高溫、高排放、高耗能
- ◆ 副產能資源多

工業生產
GHG 21%



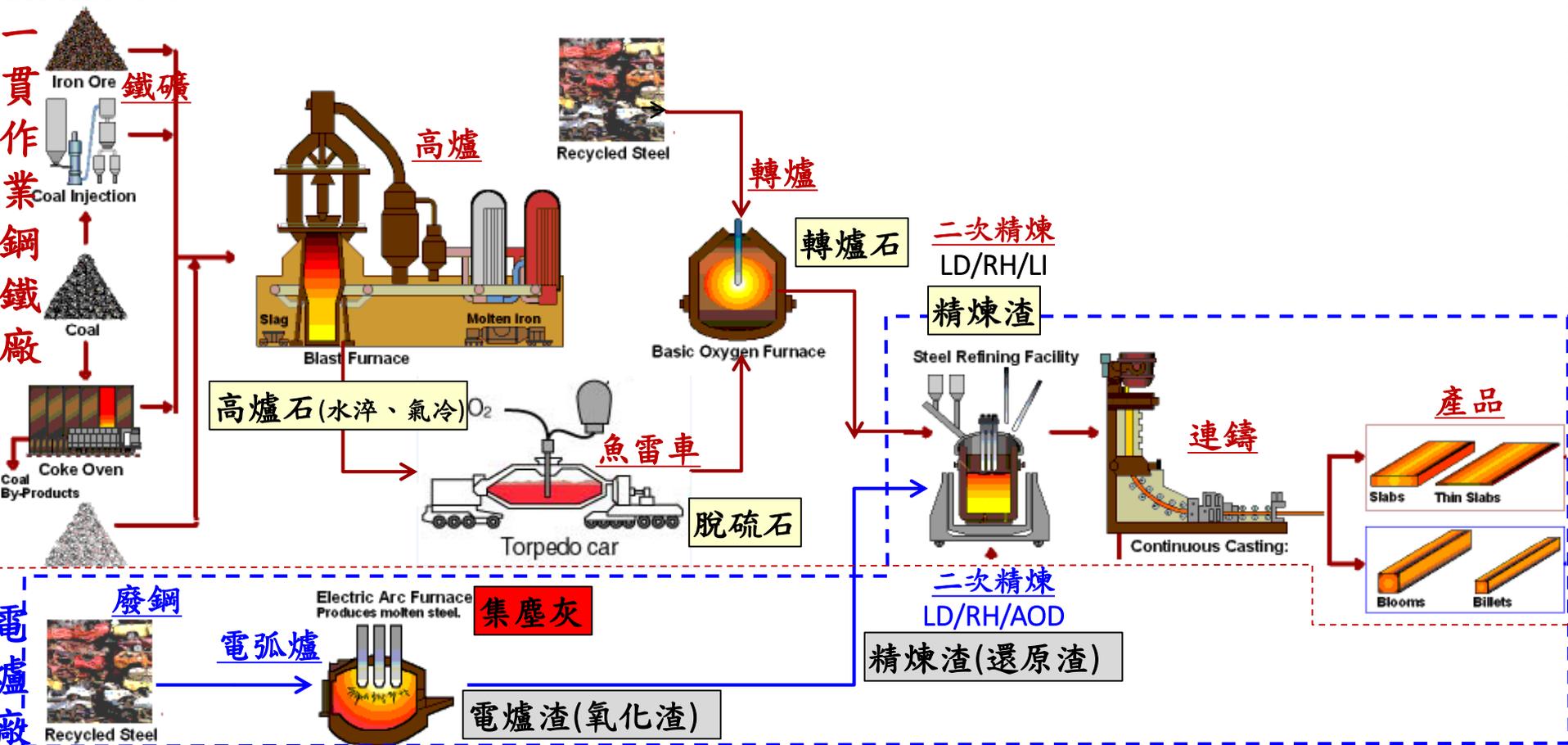
其餘部份
GHG 79%

(交通運輸、居家生活、商業活動)



鋼鐵產業製程說明

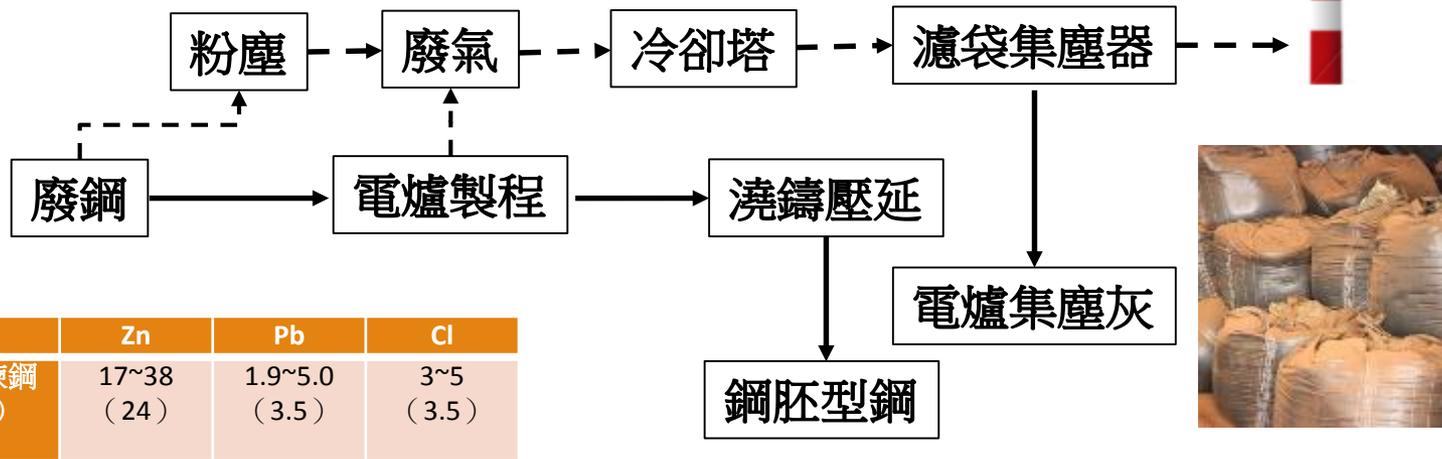
分類	一貫作業煉鋼廠	電爐廠
爐石種類	高爐石(水淬、氣冷) 轉爐石、精煉渣、脫硫渣	電爐渣(氧化渣) 精煉渣(還原渣)
原料	鐵礦、煤、石灰石、蛇紋石	廢鋼、焦炭、石灰石





電爐集塵灰之再利用案例

電爐集塵灰之產生



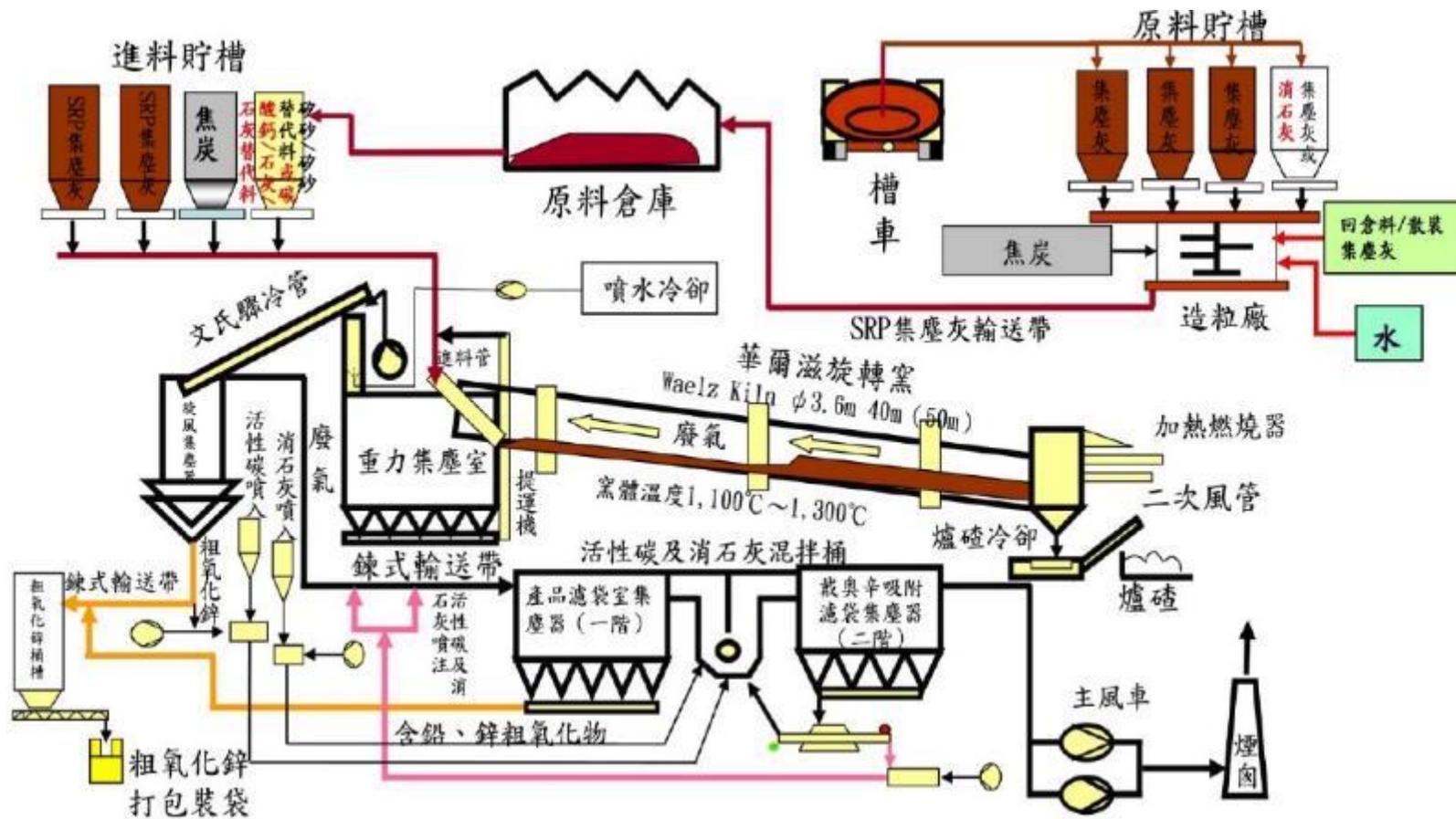
	Zn	Pb	Cl
台灣電弧爐煉鋼 集塵灰 (%) (平均%)	17~38 (24)	1.9~5.0 (3.5)	3~5 (3.5)

電弧爐煉鋼集塵灰於環保署公告列為有害事業廢棄物，因為電爐是回收廢鋼來冶煉，多數廢鋼表面有油漆及各式塗料，經空污防治設備所收集的集塵灰，通常就會將含有鋅、鉛等重金屬收集濃縮。

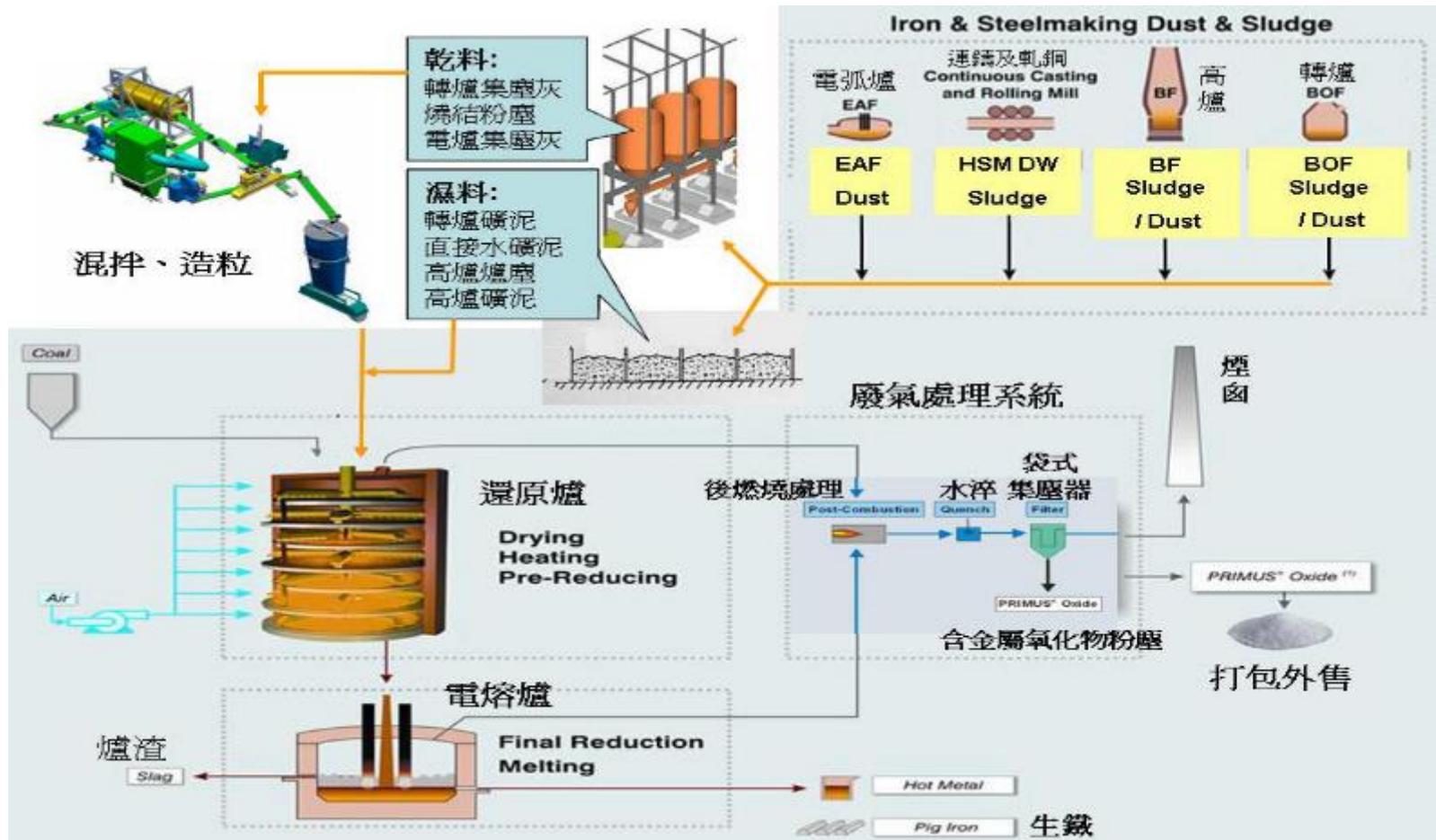
集塵灰處理設施目前台灣共有四家業者，以台灣鋼聯最大其於為燁聯、中龍及嘉德創，主要回收後作成氧化鋅及還原鐵。

過去台灣電弧爐煉鋼集塵灰因缺乏妥善處理的機制，因此發生過隨棄置產生重大環境污染的情形，但因國內加強管理及處理量能提升，現在朝有效回收有價金屬的方式，未再發生隨便棄置之狀況。

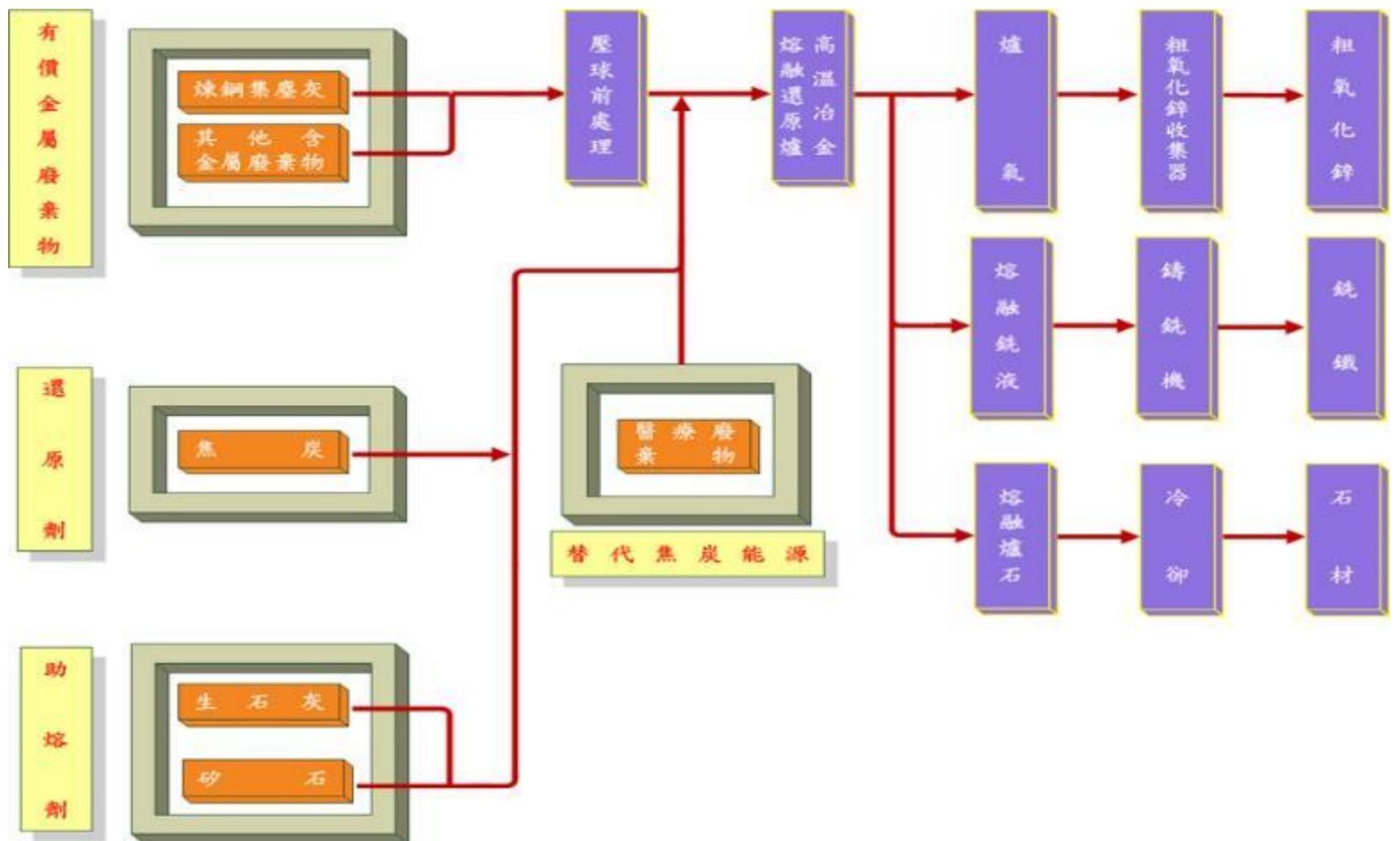
台灣鋼聯



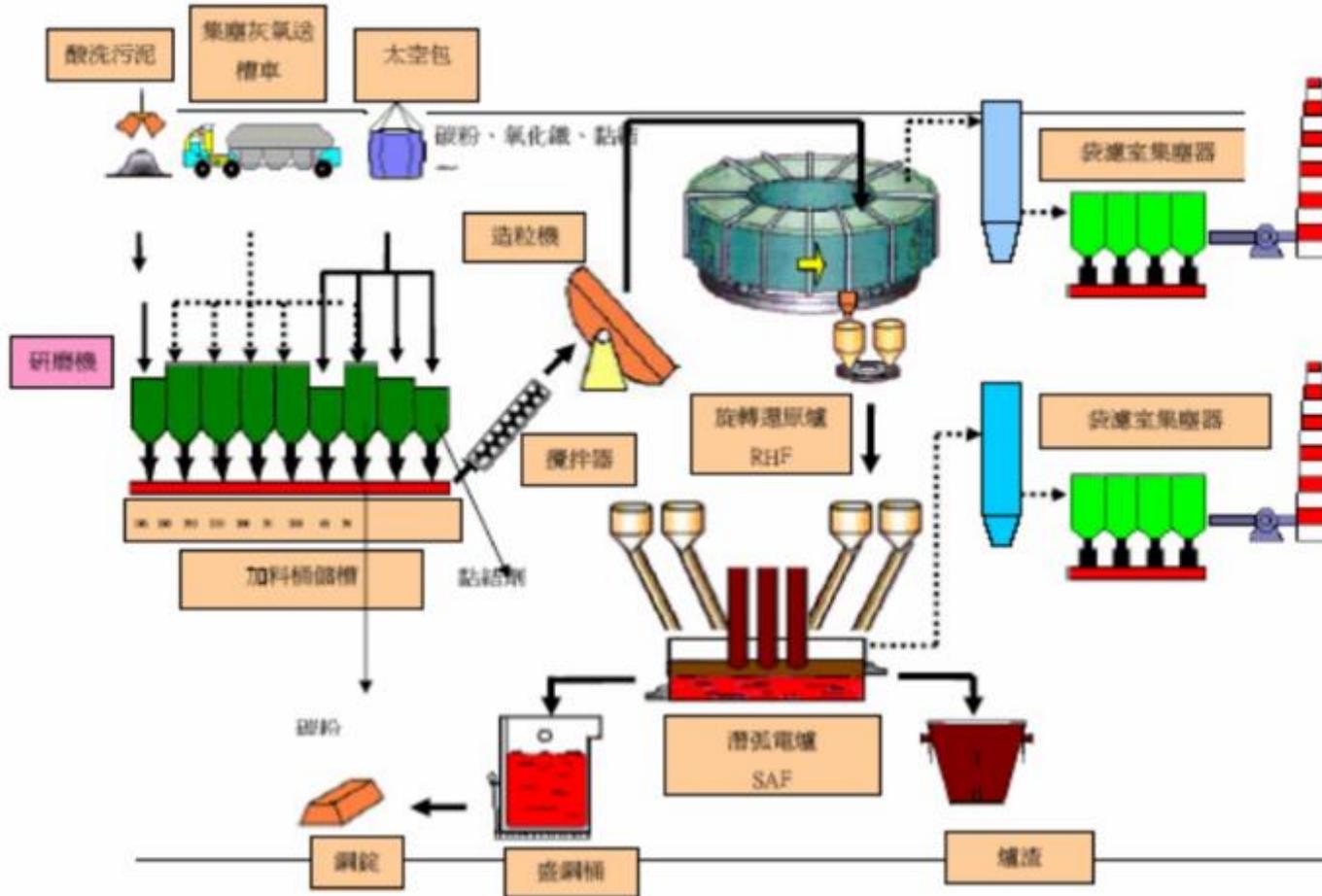
中龍鋼鐵



嘉德創



聯燁



再利用之狀況

台灣每年產生約15~20萬公噸電弧爐煉鋼集塵灰，原2010年底約有50萬公噸暫存，至2020年已全數處理完畢，且新產出亦無堆存。

目前台灣有以台灣鋼聯的高溫旋轉窯的處理量最大，大部份電爐廠均送至該廠處理，目前已逐步轉型，增加處理其它廢棄物，維持其處理量能。

經再利用後之粗氧化鋅粉，經化工廠再精製高純度ZnO及ZnCO₃產品，用於橡膠原料添加劑，或經冶煉加工成純氧化鋅錠用於其它更高階之用途。

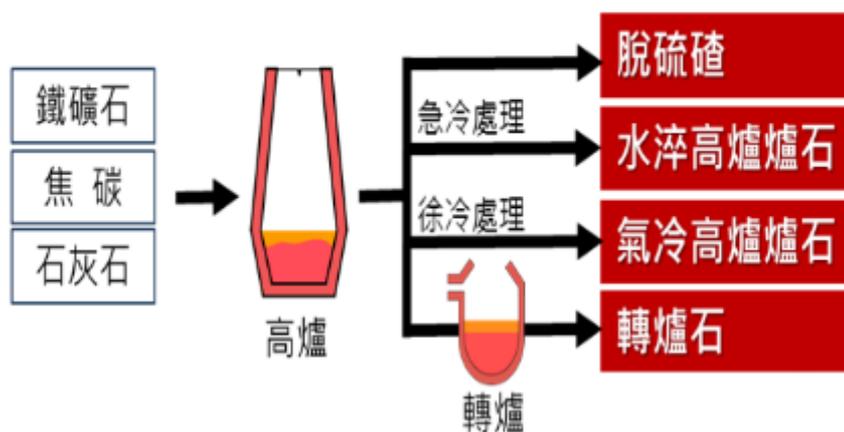
由於國內目前尚未有將粗氧化鋅純化之鋅冶煉業者，若能將鋅資源回收體系與鋅廢料源整合，形成封閉循環之鋅資源流動網，每年將可提供5.5萬噸以上氧化鋅，促進產業互利雙贏。



煉鋼爐渣(石)之再利用案例

煉鋼爐渣(石)之產生

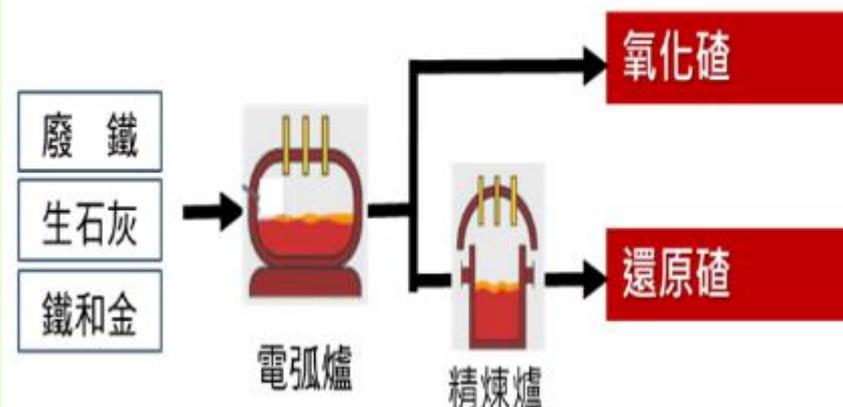
一貫作業煉鋼製程



製程

鋼爐渣(石)

電弧爐煉鋼製程



製程

鋼爐渣(石)

伴隨著鋼鐵冶煉，過程產出的另一項資源產物—煉鋼爐石(渣)。

台灣每年一貫作業煉鋼廠產出轉爐石約160萬噸、電弧爐煉鋼廠之電爐渣(石)約150萬噸(氧化渣110萬噸，還原渣40萬噸)

高爐石及轉爐石特性介紹

成份 (%)	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃
	33.92	40.72	0.51	6.27	14.68	1.40



- 一貫作業煉鋼廠係直接由鐵礦、焦炭、石灰石等原料在高爐冶煉成鐵水，過程產生之爐石稱為高爐石。
- 高爐石不會膨脹是很好的建築材料，經水淬研磨成粉，即為「爐石粉」。
- 為提升混凝土強度及耐久性為混凝土重要礦物摻料，台北101大樓、高雄85大樓等重大工程皆有使用。
- 目前國內每噸爐石粉的市場行情已約1200元左右，市場價值已獲肯定。

成份 (%)	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅
	11.45	39.37	21.60	6.39	4.48	1.97



- 鐵水運送至轉爐，再加入石灰石等原料作為助熔劑，藉此去除鐵水中的雜質而形成鋼液，此過程所產生的爐石即為轉爐石。
- 轉爐石比重約3.2~3.4較天然砂石重，且洛杉磯磨損率及健性損失率皆優於天然砂石。
- 轉爐石中含有矽酸鈣化合物 (calcium silicates)，矽酸鈣為水泥熟料的主要成分，因此轉爐石具有類似水泥的水化膠結特性及PH值。

轉爐石具環境相容性

為確保轉爐石之使用對環境生態具有相容性，轉爐石產品每月均進行嚴格的自主品管檢驗，其重金屬溶出濃度均遠低於『有害事業廢棄物認定標準』，更可符合綠建材限制物質評定標準。

轉爐石長期溶出檢測，經委託成大永續環境科技中心的研究測試轉爐石長期穩定性與環境相容，經比照美國 MTCLP 溶出試驗、荷蘭 BMD 營建材料法令及日本 JLT 標準溶出試驗，其溶出量均低於標準，顯示轉爐石中之重金屬具有長期穩定性不具溶出毒性。

轉爐石於國內外各大型使用場址進行環境監測結果皆符合土壤、地下水及表面水的相關標準，長期監測顯示對於環境並無明顯影響。



電弧爐煉鋼製程

氧化渣及還原渣特性介紹

氧化渣

- ◆ 電弧爐煉鋼製程中，在氧化期由於必須將雜質氧化，而通入氧氣過程所產生者，稱之為氧化電弧爐渣。

化學組成(%)

SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	Cr
16~20	24~35	34~38	2~8	3~6	0.7

- ① 外形及構造：粗糙呈黑褐色，凹凸富有稜角且多孔洞，類似天然火成岩。
- ① 硬度：約6~7。
- ② 耐溫性：熔融溫度在1,600。C以上，能承受高溫。
- ③ 耐久性：不含有機物，不受氣候變化影響，經久耐用。
- ④ 無污染性：TCLP檢驗均符合環保法規要求。



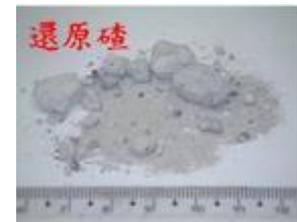
還原渣

- ◆ 利用高電壓供電系統，將電流通過人造石墨電極與廢鋼原料，使之產生電弧藉以熔解廢鋼料，此時在還原期加入大量碳粉、石灰石等材料，產生浮渣並去氧脫硫所產生者，稱之為還原電弧爐渣。

化學組成(%)

SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	S
22~29	48~50	1~2	6~10	14~18	0.8~1.5

- ① 外形及構造：呈灰白色粉末狀。
- ② 耐溫性：熔融溫度在1,600。C以上，能承受高溫。
- ③ 耐久性：不含有機物，不受氣候變化影響，經久耐用。
- ④ 無污染性：TCLP檢驗均符合環保法規要求。



電弧爐煉鋼爐渣(石)無毒害疑慮

日本爐渣再利用手冊指出電爐渣之溶出結果符合法規標準。

化学物質の溶出量試験および含有量試験結果(例)

		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量 (mg/L)	基準	≦ 0.01	≦ 0.01	≦ 0.05	≦ 0.01	≦ 0.0005	≦ 0.01	≦ 0.8	≦ 1.0
	結果例	< 0.001	< 0.005	< 0.04	< 0.005	< 0.0005	< 0.002	0.5	< 0.1



煉鋼爐碴(石)應用於瀝青混凝土



煉鋼爐渣(石)應用於道路基底層



施工後簡圖

煉鋼爐石應用於CLSM



市區光纖管路回填



電線管路回填

煉鋼爐渣(石)之其它應用

<p>透水磚</p> 	<p>人行道鋪面磚(pavement brick)</p> 		<p>停車場植草磚</p> 	
<p>護坡塊 (Revetment blocks)</p>			<p>消波塊 (Tetrapods)</p>	<p>Building Tile (遠紅外線人造建材)</p> 
<p>高速公路透水性瀝青 (Porous asphalt concrete free way)</p>			<p>鐵路道碴 (Railway Ballast)</p>	

國際間煉鋼爐渣(石)之應用

煉鋼爐渣(石)資源化利用是世界各國鋼鐵工業所推動的重要目標，國外爐渣協會為評估各類型爐渣與其製造之產品，都會定期對鋼鐵廠進行調查統計。各國或各協會統計方式各異，故參考歐盟、美國、日本及德國等四個對象。

歐盟將煉鋼爐渣(石)應用於瀝青混凝土、路基、混凝土骨材、水泥原料及化肥；美國應用於瀝青混凝土及水泥原料；日本應用於瀝青混凝土、路基、混凝土骨材、地基改良、水泥原料及土壤改良；德國應用於瀝青混凝土、路基、混凝土骨材、地基改良及化肥。

煉鋼爐渣(石)只要經過適當的處理，即可應用在許多方面。近年來日本更將鋼鐵爐石應用於海洋生態復育方面，更多研究積極探討利用煉鋼爐石內含之化學物質處理都市廢水、海洋優養化等問題。



美國

引言

鋼鐵工業產生之副產品(爐渣)，常被視為工業廢棄物。但事實上，這些副產品是有價值的和非常靈活的材料。

你知道嗎爐渣還有更多用途！

- 爐渣可以幫助草通過添加微量營養素大地，中和土壤酸度，通過調理草和幫助保留水分增加。
- 爐渣已被證明是用於農用石灰是良好之材料。它可以幫助提高作物產量，並打破粘土狀的土壤改良土壤質地。
- 爐渣可以被用作一個可滲透反應屏障並可從水中去除污染物。當如在水淨化的滴的過濾介質中使用，渣粒提供增加的表面面積和高度的空隙，既能有效的過濾是不可避免的。爐渣也是在養殖場水域的潛在除磷媒體。
- 爐渣的角面比天然的礫石更好，並在較短的時間產生胖雞。
- 當牛被運到市場的貨運車的地板上都覆蓋著爐渣砂。它是經濟，吸汗，舒適，甚至充當氣味中和劑。

許多應用中，由於其獨特的物理結構，爐渣優於天然骨料並可作為替換材料。因此，不僅爐渣提供優質材料應用於很多建築、工業、農業及住宅應用，但使用礦渣也促進自然資源的保護。

其結果是，市場和各種各樣由煉鋼爐渣提供的潛在用途的存在表明它顯然是一個安全，有益和有價值的產品，而不是一個“固體廢物”。



美國

利用爐渣製造高性能瀝青路面的瀝青混合料。

鋼渣的韌性、穩定性和耐用性是沒有其他材料能夠提供。

鋼渣用於伊利諾州收費公路



THE CURE FOR PERMANENT PAVEMENT DEFORMATION

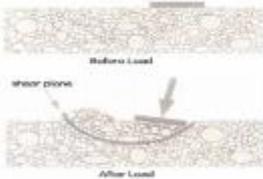


THE PREMIER AGGREGATE

SUPERPAVE BITUMINOUS MIXTURES UTILIZING IRON AND STEEL MAKING SLAG AGGREGATES

Challenge:

Asphalt pavements with low shear strength can lead to permanent deformation or "rutting" of the pavement by repeated wheel loading as seen below. While many state highway agencies have recognized the value of utilizing angular material to fortify the aggregate structure of asphalt mixtures, the Federal Highway Administration (FHWA), through the Strategic Highway Research program (SHRP), combined these efforts and established a formal angularity requirement for use in Superpave Mix Designs. It is essential that the aggregate structure (in Hot Mix Asphalt), comprised of fine and coarse aggregates, provide enough shear strength to resist repeated load applications. It has been well documented that cubical, rough textured aggregates provide greater resistance than rounded, smooth textured aggregates, even though they may possess the same inherent strength.



Solutions:

In developing the specifications for the Superpave Mix Design, FHWA researchers surveyed pavement experts to determine which aggregate properties were most important. There was a general consensus that aggregate properties played the central role in overcoming permanent deformation. Those properties are coarse aggregate angularity, fine aggregate angularity, flat, elongated particles; and clay content. As we discuss the requirements of these physical properties you will note that Blast Furnace Slag Aggregates meet or exceed all of them.

NSA 203-8



Steel Furnace Slag SMA Mix Proves to be "The World's Strongest Intersection"

NOV 2014

Steel Slag's toughness, stability and durability provided the answer to a problem no other material was able to provide.

Challenge:

Thornton, IL is the home to one of the world's largest limestone quarries and during the construction season ships 50,000 tons per day. The only way in or out is through the intersection of Margaret and Williams Streets. Thornton quarry provides the majority of the mineral aggregates used throughout South Chicago and Northwest Indiana. The vast majority of the aggregate travels by truck through the intersection of Margaret and Williams Streets on it way to the marketplace. The intersection must be able to sustain the stresses of high load braking, stopping and turning as it endures around-the-clock pounding of thousands of fully loaded semi-trailers hauling stone and hot mix asphalt to construction sites and to other construction material producers.

Solution:

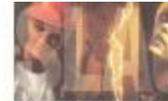
An SMA surface treatment consisting of steel furnace slag was recommended as the solution to this nagging problem after all other attempts to repair the road failed after only a short period of time and usually less than one year.

One constraint was time to repair and replace the existing pavement. No one wanted the intersection closed even for a day and the repair had to be complete in a 24-hour period, so concrete was not a viable solution. But the asphalt previously used to pave the intersection failed usually after only a few months.

On several previous occasions, the intersection has been paved, resaved, and even re-worked to the sub-base. Until recently, regardless of the effort or dollars expended, the performance of the pavement surface continually fell short of

NATIONAL SLAG ASSOCIATION
www.nslag.org

(over)



THE PREMIER AGGREGATE



STEEL SLAG REQUIRED ON THE ILLINOIS STATE TOLL HIGHWAY

During the period 1981 through 1984, eighty-five thousand (85,000) tons of steel-slag coarse aggregate were used by five separate contractors for the surface course of all ramps and approaches, bridge approaches, and super-elevated horizontal curves on the 258-mile Tri-State Tollway.

Steel slag was required by the specifications, as it was the only aggregate that will meet the requirements of their 10-year wet-rut-resistance program.



FRESHED TOLLWAY

新加坡

爐渣應用於道路是最佳選擇

使用爐渣作為道路骨料混合物之材料，已顯示其車轍性和機械之穩定性。這表明對於道路更耐久磨耗；該材料也被運用於機場的滑行道及跑道。



Steel Slag

LTA has used steel slag for road resurfacing

The screenshot shows the BCA website interface. The main content area is titled 'Sustainable Construction' and 'Recycled Materials for Construction'. A sub-section is dedicated to 'Steel Slag'. The text describes steel slag as a by-product of steel making, a non-metallic ceramic material formed from fluxes like calcium oxide. It details the physical process of crushing and separation for road use. A diagram titled 'Waste Recycling Steel Slag' illustrates the process from scrap charging to slag pit. A list of benefits is provided, and a note states that the aggregate is suitable for construction material. A footer note mentions that steel slag is supplied by NatSteel Asia and treated by NSI Chemicals Ltd.

Info on Built Environment

- Safe
- High Quality
- Sustainable
- Friendly

Info For

- Home Developers/Building Owners
- Community
- Industry Professionals
- Amusement Rides Safety
- Building Control & Management
- Export Services
- Government Assistance
- Information On Construction Quality (IQQA)
- Manpower
- Procurement
- Technology Development
- Outdoor Advertisers

Waste Recycling Steel Slag

SCRAP CHARGING BUCKET
TREATED SCRAP
MELTING
slag
slag Pit

- Steel slag being lighter than molten steel will float up in the furnace
- The slag will be poured out during the melting process
- The hot slag will be cooled and further processed into steel slag aggregates
- Proprietary treatment method and screening of the steel slag will be done to ensure the aggregate is suitable for use as construction material

(by-product from rebar production by NatSteel)

Currently, steel slag is supplied by NatSteel Asia, the only steel mill in Singapore, as a by-product of the reinforcement bar production. It is treated by NSI Chemicals Ltd (formerly known as NatSteel Environment Pte Ltd). With the successful engineering of steel slag into aggregates for asphalt mix, 100% of steel slag generated from Singapore has been fully recycled as wearing course in asphalt mix since 1994. This is estimated to save about 660,000m³ of landfill site in Singapore, if the steel slag was to dispose as waste.

The formulation of road mixes using steel slag as aggregates has shown to give better rut resistance and mechanical stability. This indicates a more durable wearing course for the roads. The material has also been used in the airport taxi ways and port.

In the past, the use of steel slag as wearing course was not common due to its high cost.

鐵鋼スラグ協会

NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本

評價

鐵鋼生産と同時に副生する鐵鋼スラグは現在、その特性を生かし、各方面で利用されています。また、環境への意識の高まりから、鐵鋼スラグ製品は省資源、省エネルギーの観点からも、環境への負荷を低減させるリサイクル材として評価されています。

省資源

●天然資源の節約
(石灰石・碎石・砂等)

省エネルギー

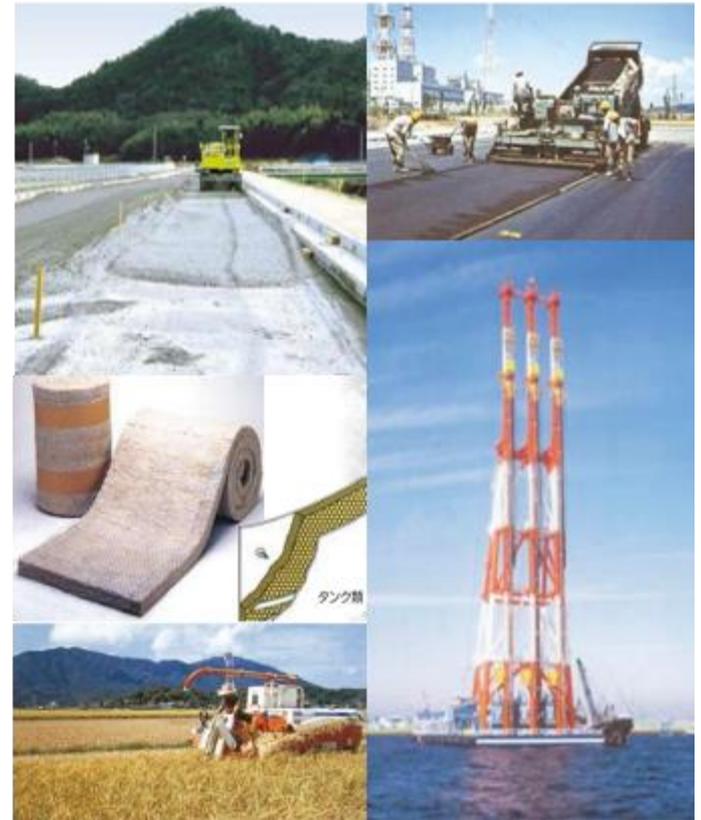
●高炉セメントは
普通セメントに比べ
約40%低減
(燃料・電力他)

CO₂削減

●高炉セメントは
普通セメントに比べ
約40%削減

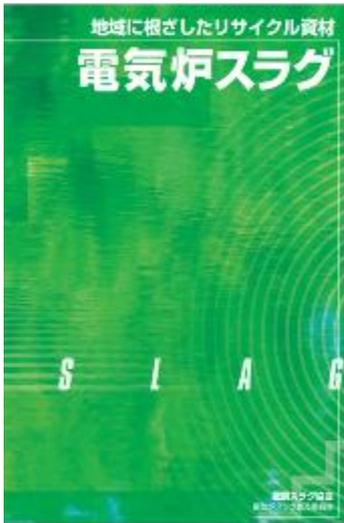
應用面

製鋼スラグ	転炉・電気炉スラグ	○硬質、耐摩耗性	→ アスファルトコンクリート用骨材
		○水硬性	→ 路盤材
		○内部摩擦角大	→ 土工用材・地盤改良用材(サンドコンパクションパイル用材)
		○FeO分・CaO分・SiO ₂ 分	→ セメントクリンカー原料
		○肥料成分(CaO, SiO ₂ , MgO, FeO)	→ 肥料用および土壌改良材



鐵鋼スラグ協会 NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本



鉄鋼スラグ協会では、鉄鋼スラグの用途拡大のため、技術開発・製品開発や市場における認知活動に、五年、取り組んでまいりました。また、「資源有効利用促進法」では、鉄鋼スラグが副産物として位置づけ

るを前提としての利用促進を求めています。これらの結果、鉄鋼スラグ製品に関する多くの規格・指針等が制定されました。そのなかで、電気炉スラグ製品に適用される規格・指針等には、下記のものがあ

JIS A 5015	道路用鉄鋼スラグ
JIS A 5011-4	コンクリート用スラグ骨材-第4部：電気炉酸化スラグ骨材
JIS A 5308	レディーミクストコンクリート
JIS Z 0312	プラスチック処理用非金属系研削材
JSTM H 8001	土工用製鋼スラグ砕石
(公社)日本道路協会	舗装施工便覧
製鋼スラグ協会	製鋼スラグ路盤設計施工指針
製鋼スラグ協会	製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針
(公社)土木学会	電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)
(一社)日本建築学会	電気炉酸化スラグ骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説
(一財)沿岸技術研究センター 製鋼スラグ協会	港湾工用製鋼スラグ利用手引き書

電気炉スラグの15種スラグは、製造過程からためるくぼりのが骨材です。還元スラグは鋼化成分を多く含み、Caの含有量が低いため、強度が低くなっています。現在、最も多く利用されている高炉系および全工程系は、還元スラグを配合し、その骨質を低減して用いられています。また、還元スラグも骨材として利用可能とされています。また、還元スラグも骨材として利用可能とされています。

5年間の取組等とともに、当事者間の関係の強化も進んでまいりました。なか、『鉄鋼スラグ投入調整規』、『鉄鋼スラグ投入アスファルト配合規』および『コンクリート製電気炉酸化スラグ骨材』はグリーン購入法の特定調達品目に認定されています。

次自らの電気炉スラグ製品をご紹介します。各製品の取組安全性評価は、2025年5月に制定されたJIS K 8009-2『スラグ製の化学物質試験方法』に基づいて行われ、本協会の取組標準、土壌汚染対策法に基づく汚染区域の指定に関する取組を支援しています。

JIS A 5015	道路用鉄鋼スラグ
JIS A 5011-4	コンクリート用スラグ骨材-第4部：電気炉酸化スラグ骨材
JIS A 5308	レディーミクストコンクリート
JIS Z 0312	プラスチック処理用非金属系研削材
JSTM H 8001	土工用製鋼スラグ砕石
(公社)日本道路協会	舗装施工便覧
製鋼スラグ協会	製鋼スラグ路盤設計施工指針
製鋼スラグ協会	製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針
(公社)土木学会	電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)
(一社)日本建築学会	電気炉酸化スラグ骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説
(一財)沿岸技術研究センター 製鋼スラグ協会	港湾工用製鋼スラグ利用手引き書

鐵鋼スラグ協会 NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本



1 道路用材料

① スラグ路盤材

電気炉スラグ路盤材は、一般的には酸化スラグと還元スラグを混合し、成粒・整粒した後、ニーディングを行なって製造されます。

● 粒度、修正 CBR、一軸圧縮強さ、単位容積質量及び膨張安定性の品質は、JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」および「鉄鋼スラグ路盤設計施工指針」の規定に対応しています。

● 化学物質の溶出量・含有量は、土壌に係る環境基準

準および汚染指定区域の指定に係る基準を満足しています。

この路盤材は、微粒子の多い還元スラグが混合されているため締固め性・転圧性にも優れています。また、水硬性程度調整鉄鋼スラグ (HMS-25) は長期にわたって硬化する性質を有するため、一般の砕石 (粒度調整砕石) を用いた路盤よりも断面を薄くすることができます。

スラグ路盤材施工例

層 厚	50cm
水硬性程度調整鉄鋼スラグ (HMS)	15cm
クラッシュラン鉄鋼スラグ (CS)	30cm
施工厚を稼ぐための	5cm

天然資材路盤材施工例

層 厚	50cm
粒状調整砕石	20cm
クラッシュラン	30cm

種類および呼び名

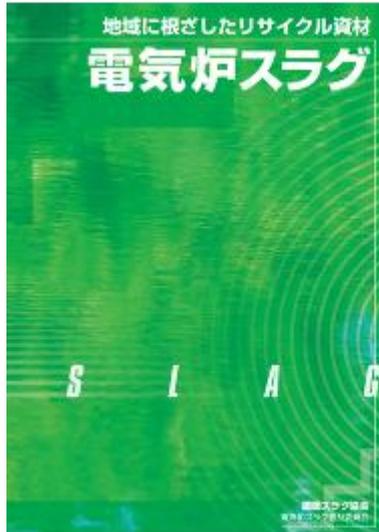
種 別	呼び名	用途 (参考)
水硬性程度調整鉄鋼スラグ	HMS-25	上層路盤材
粒度調整鉄鋼スラグ	MS-25	上層路盤材
	CS-40	
クラッシュラン鉄鋼スラグ	CS-30	下層路盤材
	CS-20	

クラッシュラン鉄鋼スラグ (CS-40) 外観



鐵鋼スラグ協会 NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本



2 土工用スラグ碎石

土工用電気炉スラグ碎石は、スラグ路盤材と同様に酸化スラグと還元スラグを混合し、破碎・整粒した後エージングを行なって製造されます。

電気炉スラグは、その性状から天然の路盤材料と同様な粒状材料として扱うことができ、また天然の路盤材料と比べて単位容積質量および内部摩擦角が大きいという土質力学的特性があります。2008年9月に、仮設道路および整地に使用する「土工用製鋼スラグ碎石」として(財)建材試験センター規格(JSTM)が制定されましたが、電気炉スラグはこの規格の対象となっています。

修正 CBR、水浸膨張比等の品質は、JSTM H 8001「土工用製鋼スラグ碎石」の規定を十分満足しています。

土工用スラグ碎石 (ECS-20)



關聯之JIS A 5015

路工例 (駐車場整地: 愛知県豊橋市)



路工例 (仮設道路: 埼玉県児玉郡神川町)



関連規格等

- JIS A 5015「道路用製鋼スラグ」
- JSTM H 8001「土工用製鋼スラグ碎石」(一財)建材試験センター規格

鐵鋼スラグ協会

NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本



3 コンクリート用骨材

電気炉酸化スラグ骨材は、電気炉スラグのうち酸化スラグのみを取り出し、磁粉・分級した後、金属鉄を除去して製造されます。また、溶融した酸化スラグを水や空気で急冷して粒状化した粗骨材も作られています。酸化スラグは膨張性がなく、物理的・化学的に安定しているため、コンクリート用骨材として適しています。この骨材には、以下の特徴があります。

- 密度(3.6g/cm³)が高く、硬くてすり減り抵抗性が高い。
- コンクリートに有害となる粘土、有機物等を含んでいない。
- 空隙シリカ量が少ないため、アルカリシリカ反応性は認められない。
- 製造工程で海水を用いないため、塩化物量(NaCl)として0.001～0.002%は極めて微量である。
- 粗骨材・細骨材のいずれでも供給できる。

電気炉酸化スラグ骨材の外観

粗骨材 (EFS5N)



細骨材 (EFG2005N)



インターロッキングブロック
(粗骨材に EFG を 75% 混合)



スプリットブロック
(粗骨材に EFG を 75% 混合)



インターロッキングブロック使用例 (豊橋市こども未来館)
(粗骨材に EFG を 75% 混合)



消波ブロック (磐井港)
(粗骨材に EFS を 50% 混合)



消波ブロック (三浦県南伊勢町)
(粗骨材に EFG を 50% 混合)



関連規格等

- JIS A 5011-4 「コンクリート用スラグ骨材-第4部電気炉酸化スラグ骨材」
- JIS A 5308 「レディーミクストコンクリート」
- (公社) 土木学会 電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)
- (一社) 日本建築学会 電気炉酸化スラグ骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説

鐵鋼スラグ協会

NIPPON SLAG ASSOCIATION

日本

鐵鋼スラグ製品のご提案

鐵鋼スラグ製品活用例

鐵鋼スラグ製品は、鐵鋼製造に伴い生成される高炉スラグ、製鐵スラグを原料として、さまざまな用途に応じて製造・品質管理されています。天然資材の代替としてご使用いただけることから、省エネルギー—省資源に寄与できる地球にやさしい材料として脚光を浴びており、その大半がJIS相当品またはグリーン購入法の特定期間産品として市場に提供されています。震災復興にご活用いただける最適な製品としてご提案させていただきます。

防災広場
スラグコンパクションパイル
カルシア改良土

震災時の緊急避難場所として、カルシア改良土を用いて高台を築き、居住地の液状化が予想される場合は、スラグコンパクションパイルも併用、表層は腐土により、防災の効果を達成します。

道路整備・整地
スラグ改良土

締め固め特性に優れた道路用改良土により、路盤部の不陸を調整します。

地盤改良
スラグコンパクションパイル

軟弱な地盤の液状化対策として、スラグコンパクションパイルを打設します。

津波泥土の改質処理

津波被害を受けた地域で発生した泥土を、スラグ改良土と混合して再利用します。

藻場礁
鐵鋼スラグ水酸化体製人工石ブロック

鐵鋼スラグ水酸化体製人工石ブロックを、海床の底生基質として投入します。

廃棄物処分場
カルシア改良土

廃棄物の投入後、表層部の敷設時にカルシア改良土を覆土。表層部の腐食を防止し、表層の有効活用が可能です。

仮設堤防
カルシア改良土
スラグコンパクションパイル

カルシア改良土とスラグコンパクションパイルを用いた、かごマットのブロック体を積み上げ、緊急時の仮設防波堤を迅速に築造。腐土により、表層への積土も可能です。

防潮堤
スラグ改良土

カルシア改良土を用い、腐土を造成。表層は腐土により、表層への積土も可能です。

海面廃棄物処分場
カルシア改良土

廃棄物の投入後、表層部の敷設時にカルシア改良土を覆土。表層部の腐食を防止し、表層の有効活用が可能です。

護岸整備
スラグ改良土
スラグコンパクションパイル

護岸前面の液状化防止材として、鐵鋼スラグ水酸化体製人工石を投入します。また、液状化に耐液状化特性のある水砕スラグを表層材として埋設します。

德國

爐渣應用高品質瀝青道路

電弧爐渣之骨料已有30年來的歷史，應用於道路建設提供穩定的結構及永久良好之抓地力，平衡溫度特性及高穩定性。



Stahlwerksschlacken für hochwertige Straßen und Industrieflächen

Fachverband Eisenhütenschlacken e.V.



Stahlwerksschlacken eignen sich bestens für griffige Fahrbahndecken und Industriebeläge



Baustoffe aus Stahlwerksschlacken sind umweltverträglich

Eigenschaften

Allgemeine Eigenschaften

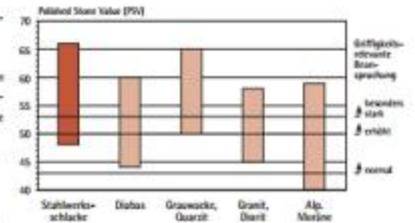
Stahlwerksschlacken sind dichte Gesteine mit hoher Rohdichte und Festigkeit. Die daraus produzierten Edelplättchen werden regelmäßig untersucht und erfüllen sämtliche Anforderungen der TL Gestein-StB. Schlagzertrümmerungswerte am Splitt liegen beispielsweise zwischen 9 und 18 M-%, Abplättungen nach Frost-Tau-Wechsel unter 0,5 M-%. Dies bildet die Voraussetzung für den Einsatz von Stahlwerksschlacken im Straßenoberbau, beispielsweise für standfestste Tragschichten und verschleißarme Asphaltdecken.

Die Rohdichte der Stahlwerksschlacken liegt bei etwa 3,5 g/cm³. Da bei Mineralzöglengesteinen mit einer Rohdichte über 2,8 g/cm³ die unteren Grenzen des Bindemittelgehalts unterschritten werden können (vergl. ZTV Asphalt-StB), muß bei der Festlegung des Bindemittelgehalts eine volumetrische Betrachtung vorgenommen werden. Der Bindemittelverbrauch entspricht dem Verbrauch beim Einsatz natürlicher Mineralstoffe.

Griffigkeit

Edelplättchen aus Stahlwerksschlacken verfügen über eine raue Oberflächenstruktur. Daher wird bei Verwendung in Deckschichten dauerhaft eine gute Griffigkeit gewährleistet. Untersuchungen des Griffigkeitsverhaltens im Labor mit dem PSV-Verfahren ergeben sehr gute Werte, welche die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB sicher einhalten. Stahlwerksschlacken sind damit – gerade auch angesichts der darüber hinaus vorliegenden hohen Festigkeit – für die Anwendung als Edelplättchen in Asphaltdeckschichten hervorragend geeignet. Einen wichtigen Beitrag zur Griffigkeit liefern auch Edelbruchstücke aus Stahlwerksschlacken. Die Laborwerte werden in der Praxis durch Messungen auf Fahrbahnoberflächen nach dem SCRM-Verfahren bestätigt.

Ergebnisse von Polierprüfungen



Einbringen der Asphaltdecke

St

德國

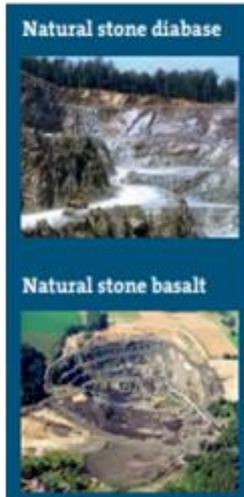
爐渣有利於生態環境之最佳選擇

爐渣有助於保持完整之天然石材，聽起來很自然，但是，使用天然石材並不意味是保護自然及其景觀。

// A product with exceptional variety. Slag is ideally suitable for a surprisingly wide variety of applications. //

SLAG: A SOUND CHOICE IN FAVOUR OF ECOLOGY.

開採天然石材必須使用大量推土機及車輛。爐渣用於道路是非常經濟，使用非常安全又可降低噪音。



Slag for all road layers

The voids in slag aggregates and porous asphalt as surface layers take up:

Noise Water

Economic efficiency

The requirements placed on modern roads are high: traffic safety and noise reduction! The answer to the many requirements is "open porous asphalt" (OPA). Safe and quiet, but still economical. How long does an OPA road last? 6 to 8 years, say the experts. An OPA test road made of BSN steel slag formed part of the A 5 near Baden-Baden for ten years (1995 to 2005). After ten years, the road engineers certified that it was still in extraordinarily good condition.

爐渣用於道路



1994年萊茵 - 黑爾訥運河之混凝土



德國

爐渣有利於生態環境之最佳選擇

爐渣有助於保持完整之天然石材，聽起來很自然，但是，使用天然石材並不意味是保護自然及其景觀。

// A product with exceptional variety. Slag is ideally suitable for a surprisingly wide variety of applications. //

SLAG: A SOUND CHOICE IN FAVOUR OF ECOLOGY.



爐渣用於肥料有助於保持土壤疏鬆並表明植物增長快速。

The minerals of our Earth

Virtually no other fertiliser offers as many natural components as converter lime. This fertiliser contains the most important building blocks on our Earth. Through a variety of processing procedures, it is possible to produce a fertiliser that disintegrates quickly, supports stable plant growth, keeps the soil loose and more steadily releases nutrients.



< 左邊使用爐渣改良之肥料
右邊沒有使用爐渣改良肥料
.....
使用爐渣改良之肥料 >



爐渣用於肥料



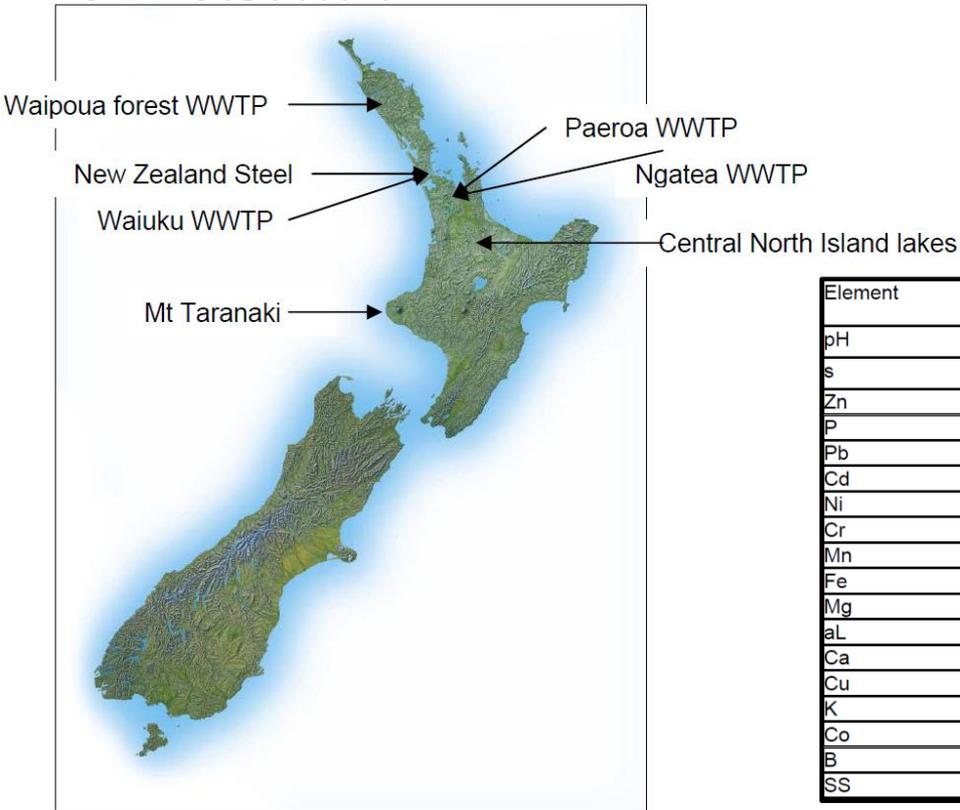
比利時



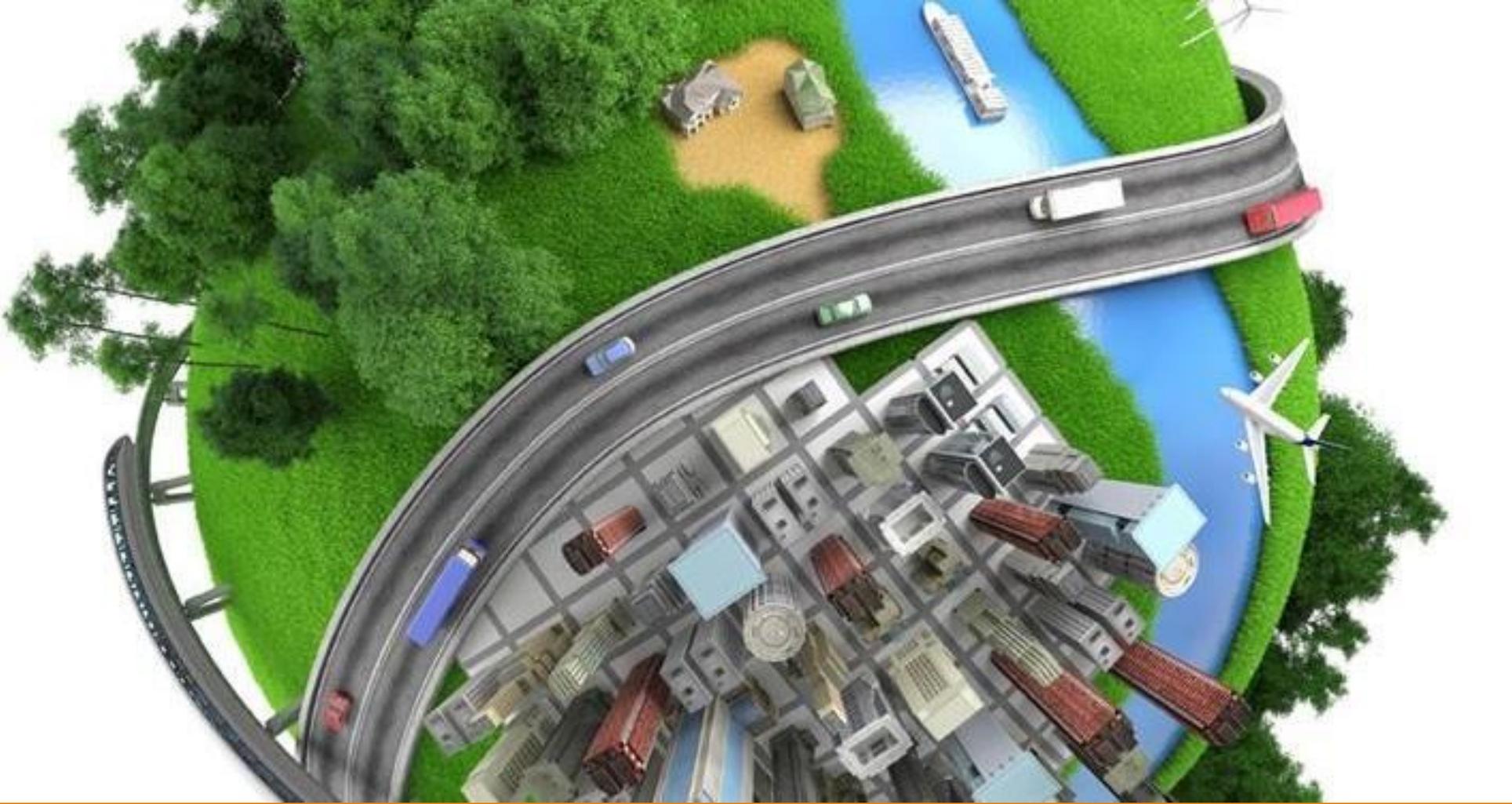
- 安特衛普港(Antwerp) 2008~2011 年使用 13萬噸轉爐石。
- Ghent 港2005年使用1萬噸轉爐石。
- Nieuwpoort 港2008年使用8000 噸轉爐石。
- Blankenberge 2010 年使用 4000 噸轉爐石。
- Puurs 2009~2010 年使用1.6萬噸 轉爐石。
- Ghent Moervaart港2012 年使用 1.9 萬噸轉爐石。

紐西蘭

紐西蘭將轉爐石作為濾床用於水質改善處理，水質均符合標準。



Element		Inlet 1	Outlet 1	Inlet 2	Outlet 2
pH		7.3	7.4	7.2	7.3
s	ppm	15	21	15	22
Zn	ppm	0.018	0.011	0.018	0.014
P	ppm	5.82	2.785	5.79	2.344
Pb	ppm	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Cd	ppm	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Ni	ppm	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cr	ppm	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Mn	ppm	0.091	0.246	0.144	0.251
Fe	ppm	0.23	0.40	0.22	0.53
Mg	ppm	8.5	8.8	8.5	8.7
aL	ppm	0.13	0.09	0.14	0.10
Ca	ppm	26.1	24.6	26.0	24.7
Cu	ppm	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
K	ppm	14.2	14.1	14.1	14.2
Co	ppm	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
B	ppm	1.0	1.0	1.0	1.0
SS	ppm	36	7	35	<5



推動爐渣(石)資源管理

過去爐渣(石)利用衍生問題



- 種類繁多，容易造成誤用，
- 不合法使用或混攪其它廢棄物，造成環境異常而污名化
- 偷工減料或不依規定使用，形成工程品質問題

目標



粒料品質控管-以還原碴為例

成立於民國105年7月，位於彰化縣之彰濱工業區線西區，主要安定化處理電弧爐煉鋼所產生之【**還原碴**】，為**全世界首創採用 21kgf/cm^2 蒸氣壓力之安定化工廠**，穩定後之爐碴不再膨脹



3座高壓蒸釜

還原碴安定化

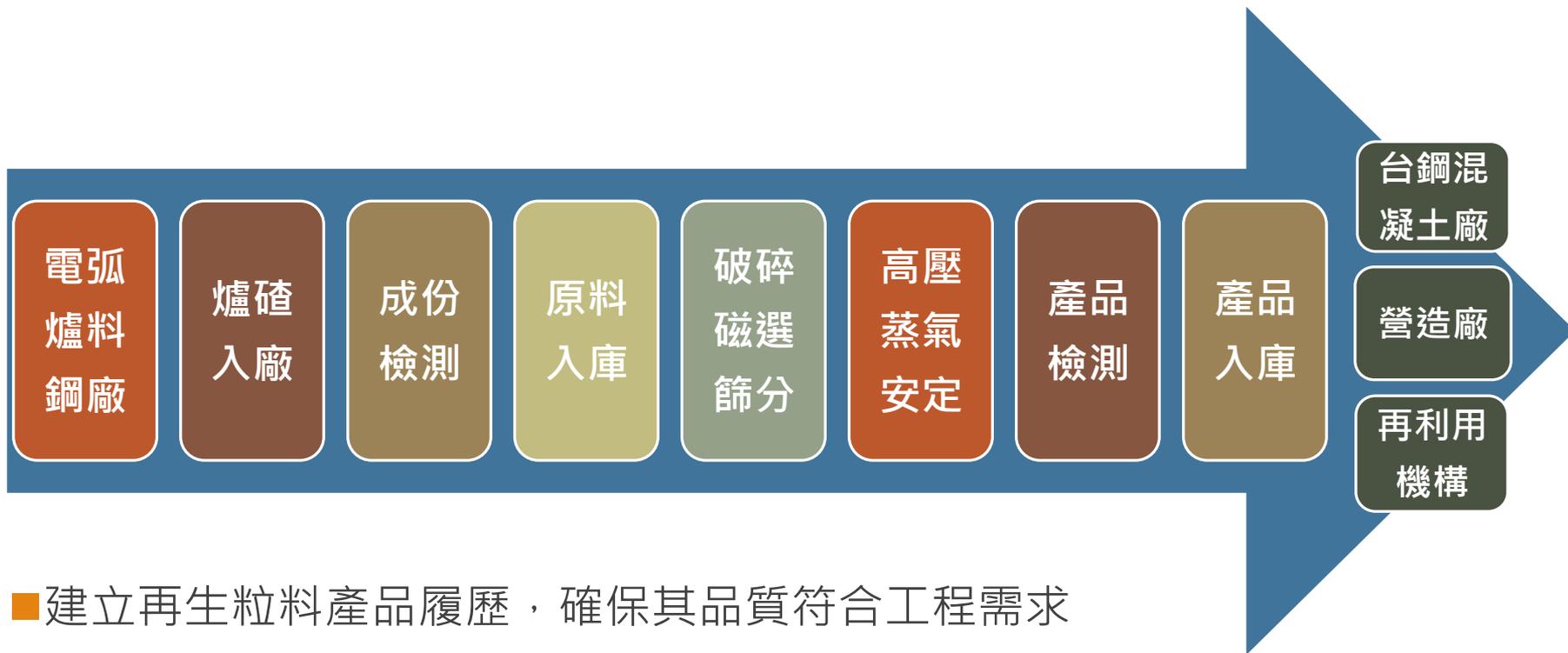


2套混凝土拌合設備

混凝土成品



粒料品質控管-以還原碴為例



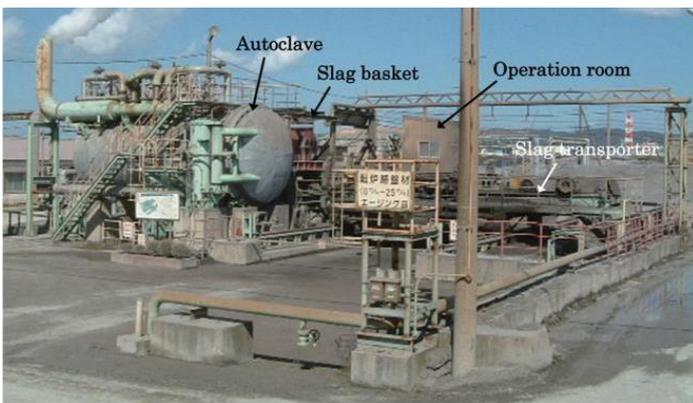
- 建立再生粒料產品履歷，確保其品質符合工程需求
- 化解疑慮、溯源有本、安心使用。

還原渣安定化方式

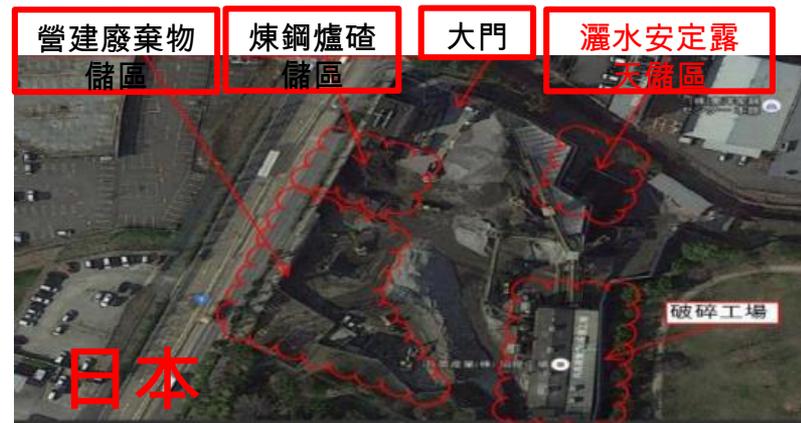
德國GMH
鋼廠還原渣
回爐工法



日本山陽
特殊鋼爐
渣高壓蒸
氣爐



露天堆置灑水安定化



加工作業污染防治

原物料
及成品
之儲存
與輸送
均採密
閉式廊
道設計



控制性低強度回填材料 (CLSM)

還原碴CLSM配比(kg/m³)

編號	取代比例	強塑劑	速凝劑	水泥	飛灰	還原碴	水	細粒料
C1F1S0A6SP5	0%	5%	6%	136.2	136.2	0	294.7	1567.1
C1F1S33A6SP5	33%			139.1	139.1	528.0	300.9	1072
C1F1S66A6SP5	66%			142.1	142.1	1078.7	307.3	555.7
C1F1S100A6SP5	100%			145.3	145.3	1671.3	314.3	0

備註：代號及符號說明C1-F1-S33-A6-SP5; C1:水泥與飛灰漿值濃度為1:1; F1:水泥與飛灰漿值濃度為1:1; S0:取代比例為0%; A6:速凝劑為總膠結材料6%的重量比; SP5:強塑劑為總膠結材料5%的重量比。

Group3還原碴CLSM變混凝土性質

編號	工作性		單位重	凝結時間	
	管流度 (cm)	坍流度 (cm)	新拌單位重 (kg/m ³)	初凝時間 (hr)	落沉時間 (hr)
C1F1S0A6SP5	20	54	1961	8.3	-
C1F1S33A6SP5	28	79	1764	5.4	7.8
C1F1S66A6SP5	22	60	1686	4.7	6.2
C1F1S100A6SP5	17	42	1639	5.3	7.6

Group 3還原碴CLSM抗壓強度(kgf/cm²)

編號	齡期12小時	齡期1天	齡期14天	齡期28天
C1F1S0A6SP5	3.54	8.47	71.44	82.34
C1F1S33A6SP5	3.46	7.41	80.14	82.61
C1F1S66A6SP5	4.79	7.97	61.78	74.81
C1F1S100A6SP5	3.94	6.91	58.79	68.95



■ (還原碴 + 旋轉窯碴) CLSM

- ✓ 還原碴CLSM可符合一般型CLSM之新拌性能需求
- ✓ 還原碴CLSM可符合一般工程需求

非台鋼產品實績，僅作為說明產品用途示意使用。

控制性低強度回填材料 (CLSM) 熱 壓膨脹結果

	配比一	配比二	配比三
熱壓前			
熱壓後			
線膨脹	0.04%	0.03%	-0.02%

台鋼爐渣體積穩定性高，無膨脹疑慮

非構造物混凝土

■ (還原碴 + 旋轉窯碴) 非構造物混凝土

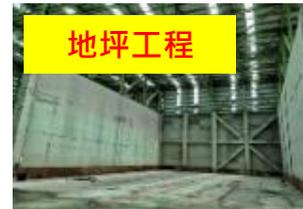
PC配比表(kg/m³)

編號	w/b	Sand	Coarse	Fly ash	Cement	Water	SP
AK-I	0.42	909.8	922.8	102.4	384.8	221.5	5.8
AK-II	0.51	873.3	1087.2	52.1	356.8	220.5	4.9
AC-I	0.47	1041.9	699.7	117.3	341.7	230.6	5.5
AC-II	0.53	1100.9	746.5	65.7	342.2	225.5	4.9

備註：AC-I及AK-I分別表示使用酸性旋轉窯碴(AC)及鹼性旋轉窯碴(AK)；-I及-II分別表示使用Group1及Group2還原碴做為細粒料

還原碴PC混凝土試體抗壓強度(單位：kgf/cm²)

Group1還原碴					
養護齡期(天)		3	7	14	28
試體代號	天然砂石對照組	112.1	199.0	242.3	265.8
	AC-I(50%還原碴+50%天然河砂)	128.4	165.2 2	190.9	211.5
	AK-I(50%還原碴+50%天然河砂)	141.0	228.6	263.6	285.1
Group2還原碴					
養護齡期(天)		3	7	14	28
試體代號	AC-II(50%還原碴+50%天然河砂)	127.6	168.9	190.2	223.0
	AK-II(50%還原碴+50%天然河砂)	141.4	233.8	285.6	311.8



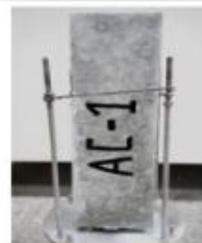
非台鋼產品實績，僅作為說明產品用途示意使用。

非構造物混凝土

外觀均無爆裂、局部爆孔、崩解及破裂，強度可達3000psi以上

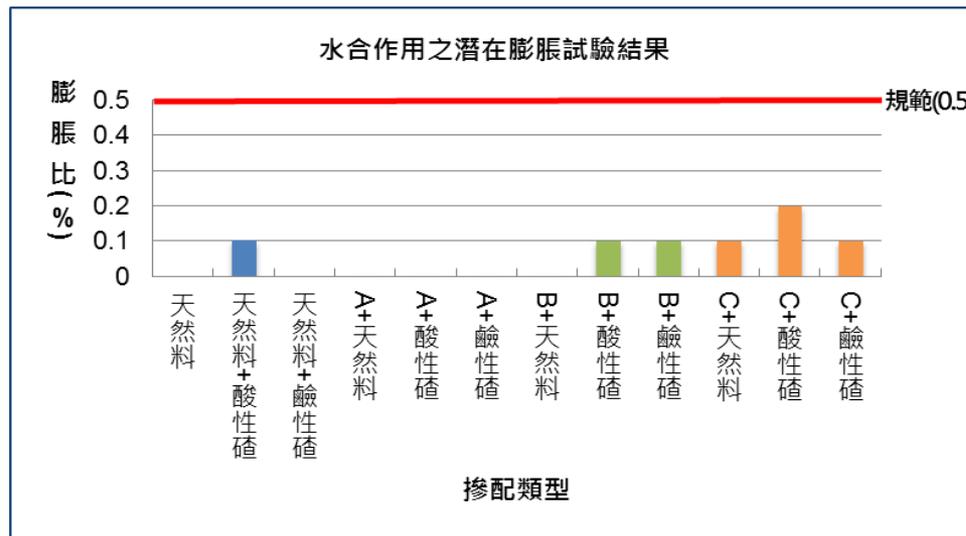
熱壓試驗前	熱壓試驗後	膨脹率 (%)
		0.05
		0.08
		0.09

非構造物混凝土產品體積穩定性與天然粒料混凝土差異不大，均可符合熱壓膨脹試驗要求

		1.07
		0.01
		0.02

道路級配粒料基底層

各摻配之膨脹比皆不到 0.3 %，符合CNS 與工程會規範要求之膨脹比低於 0.5 %



- 試驗結果顯示，添加還原礫之摻配均通過 CNS 15305 與工程會規範要求，皆適用於一般道路基底層
- 水合作用之潛在膨脹試驗法方面，目前還原礫膨脹量皆符合規範要求，顯示台鋼資源之安定化程序能得以驗證。

建立應用規範

轉爐石相關使用手冊

轉爐石瀝青混凝土使用手冊

轉爐石海事工程使用手冊

滾筒轉爐石及改質轉爐石鋪面磚使用手冊

滾筒轉爐石CLSM使用手冊

轉爐石水泥生料使用手冊

電弧爐煉鋼爐渣(石)相關使用手冊

電弧爐煉鋼氧化渣(石)瀝青混凝土鋪面使用手冊

電弧爐煉鋼氧化渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

電弧爐煉鋼氧化渣(石)應用於道路級配粒料底層試行使用手冊

尚有其它使用手冊持續辦理中

應用流向追蹤



第三方查驗

示範工程及驗證-以桃園為例

■ 工程主管機關與環保主管機關密切合作。

■ 工程主管機關：

- ✓ 委由學術單位瞭解、掌握再生粒料特性
- ✓ 辦理再生粒料試辦工程以及後續成效評估、追蹤
- ✓ 將上述成果納入本市工程規範
- ✓ 報公共工程委員會納入全國工程規範

■ 環保主管機關：

- ✓ 輔導使用再生粒料之瀝青拌合廠辦理固定汙染源操作許可證異動
- ✓ 加強查核再生粒料之品質
- ✓ 主動追蹤工程使用再生粒料之進度



電弧爐煉鋼氧化碓(石)AC鋪面之工程案例

桃園豐德路試辦工程(1/9)



電弧爐煉鋼氧化碓(石)AC鋪面之工程案例

桃園豐德路試辦工程(2/9)



電弧爐煉鋼氧化碓(石)AC鋪面之工程案例

桃園豐德路試辦工程(3/9)

申請異動流程



許可證字號：環衛字第102950-04號 (管制編號：H5000700)

序(物)料、燃料或產品	紀錄項目	紀錄週期
瀝青泥漿土塊(摺除料)	使用量	每日已次
約油(瀝青)	使用量	每日已次
砂石	使用量	每日已次
碎石	使用量	每日已次
礫石	使用量	每日已次
混凝土粒料	使用量	每日已次
4-B號重油	使用量	每日已次
	使用量	每日已次
廢煤	庫存量	每月已次

六、固定污染源及空氣汙染防制設備操作紀錄規定

爐石及混凝土粒料操作許可



桃園市政府固定污染源操作許可證

許可證字號：1060217017號
管制字號：H090-08號

下列申請人申請固定污染源操作許可，經核符合空氣汙染防制法核發許可證規定，准予依許可證記載內容進行操作。

一、公私場所名稱：瑞盛實業股份有限公司 (管制編號：H5000760)
二、地址：桃園市龍潭區高平里龍坑路82巷72號
三、負責人姓名：徐少盛
住址：新竹縣關西鎮泰安里12鄰上三宅76之1號路
身分證統一字號：S100210128
四、許可固定污染源：瀝青拌合程序(含堆置場)
瀝青混凝土製造程序 (M01)
五、許可證記載事項：共51頁(含首頁)
六、有效期限：自民國107年1月2日起
至民國108年11月4日止
七、倘逾許可證有效期間仍需操作者，應依空氣汙染防制法相關規定辦理展延。

市長 鄭文燦

中華民國 106 年 11 月 28 日

008591

電弧爐煉鋼氧化渣(石)AC鋪面之工程案例

桃園豐德路試辦工程(4/9)

■ 參訪氧化渣供料廠(東和鋼鐵)



瞭解電弧爐熔解廢碳鋼及產生氧化渣過程

■ 氧化渣再處理機構(皓勝工業)驗廠



磁選機磁力3,000 高斯優於 JIS 磁選需達600 高斯的規定

■ AC拌合廠(路盛工業)驗廠



檢驗拌合廠能量設備及氧化渣參與製程方式

電弧爐煉鋼氧化渣(石)AC鋪面之工程案例 桃園豐德路試辦工程(5/9)

➔ 氧化渣再利用程序(① 破碎 → ② 磁選 → ③ 篩分) · 反覆處理直至符合CNS規定

① 破碎: 2次破碎至細粒料



② 磁選: 磁力機將高鐵質粒料吸出



③ 篩分: 需符合鋪面粒料規定



電弧爐煉鋼氧化渣(石)AC鋪面之工程案例 桃園豐德路試辦工程(6/9)

送瀝青廠堆置

→ 獨立堆置，便於控管及二級取樣

紀錄再處理機構出料過程

再處理機構出料至AC拌合廠

檢視粒料

取樣200Kg

獨立堆置

AC拌合廠氧化渣獨立堆置區域

即時監控畫面

拍照紀錄

送驗至實驗室

二級品管取樣抽驗氧化渣，進行12項試驗

電弧爐煉鋼氧化碓(石)AC鋪面之工程案例 桃園豐德路試辦工程(7/9)

➔ 氧化碓取代細粒料，添加比例30%

國立中央大學土木工程學系
土木工程材料品保中心

TAF

對試報告地址：桃園市龍潭區中法路 300 號
電話：33-4227161 傳真：33-4227160

出 報 日 期：20170809 14:00
出 報 時 間：20170809 14:30~
20170809 18:00

報 告 編 號：170801
報 告 類 別：1708002
委 托 人：中 法 路 試 辦 工 程
報 告 日 期：20170809

熱拌瀝青混凝土配合設計(馬歌爾)試驗報告

規 格 準 則：Asphalt Institute Manual Series No. 2 (MS-2) (SI Edition)
規 格 號 碼：S1732 標準熱拌瀝青混凝土

規 格 詳 見：

1. 設計配合設計表：

材料種類	1.25mm 篩孔	75µm 篩孔	4.75mm 篩孔	150µm 篩孔	SP	氣 泡 率	備 註
粗集料	20	21	100	100	0	0	

2. 混合料組成表：

名稱	單位		備 註
	kg/m ³	m ³ /m ³	
粗集料	1250	0.75	100%
中集料	300	0.19	24%
細集料	150	0.09	12%
填充料	40	0.03	3%
水	100	0.075	8%
瀝青	3.0	0.00225	0.3%
總重	1770	1.147	100%

3. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

4. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

5. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

6. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

7. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

8. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

9. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

國立中央大學土木工程學系
土木工程材料品保中心

TAF

對試報告地址：桃園市龍潭區中法路 300 號
電話：33-4227161 傳真：33-4227160

出 報 日 期：20170809 14:00
出 報 時 間：20170809 14:30~
20170809 18:00

報 告 編 號：170801
報 告 類 別：1708002
委 托 人：中 法 路 試 辦 工 程
報 告 日 期：20170809

馬歌爾試驗圖形報告

規 格 準 則：Asphalt Institute Manual Series No. 2 (MS-2) (SI Edition)

1. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

2. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

3. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

4. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

5. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

6. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

7. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

8. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87

9. 試驗結果：

項目	試驗結果	備 註
粗集料中值	47.1	0.0
中集料中值	4.0	3.0
細集料中值	2.0	—
填充料中值	20.0	—
水	100	—
瀝青	3.0	—
總重	1770	100%
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87
單位重量	1.147	1.147
單位體積	0.87	0.87



電弧爐煉鋼氧化碓(石)AC鋪面之工程案例 桃園豐德路試辦工程(8/9)



查驗調降深度至少20公分



查驗刨除深度, 10公分



查驗黏層灑佈量



施工中取樣



機械夯壓



查驗鬆方厚度, 需達6.2公分



查驗初壓溫度

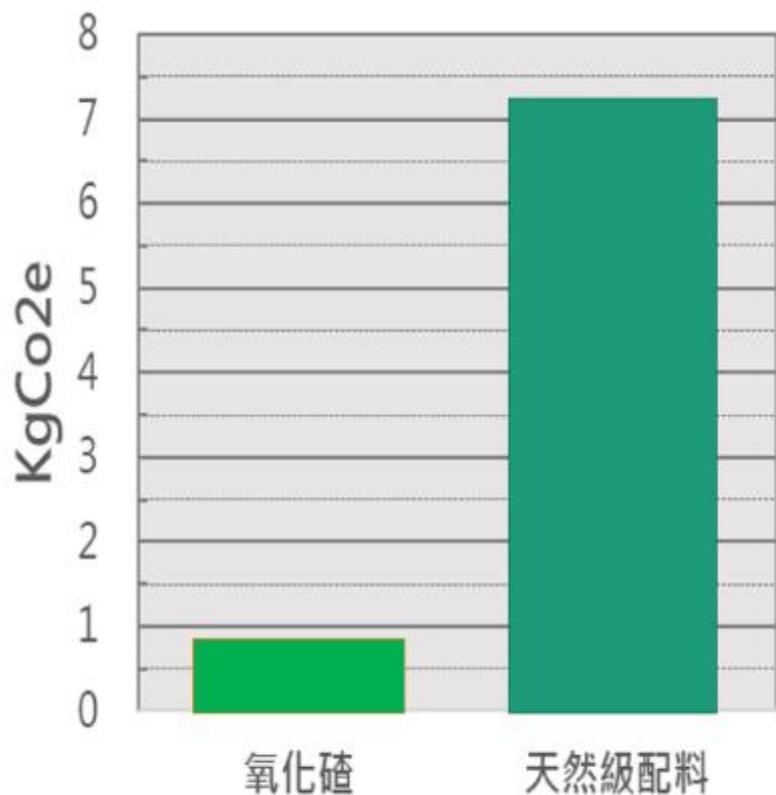


查驗標線劃設寬度, 10公分車道線

孔蓋調降

路面刨除更新(刨10鋪10)及標線劃設

電弧爐煉鋼氧化矽(石)AC鋪面之工程案例 桃園豐德路試辦工程(9/9)



氧化矽CO₂排放量遠低於天然級配

減少開採天然砂石及二氧化碳排放量

項目	天然級配料	氧化矽
碳足跡數值 (KgCO ₂ e) /每公噸	7.24	< 1.0

(資料來源: * 環保署產品碳足跡服務平台公告資訊及 NSL Chemical Ltd.)

本案使用1,300噸氧化矽，可減少CO₂排放量8,112 Kg

= 740 棵樹 1年 CO₂吸收量





結語

台灣鋼鐵產業資源應用

- ◆ 電爐集塵灰具有含鋅量高之特性，雖管制相當嚴格但目前已有足夠回收量能，台灣已無隨意棄置之狀況發生
- ◆ 煉鋼爐渣(石)無毒無害，應確實分類，自源頭品質控管，依特性進行資源化應用，確保爐渣(石)不在污名化
- ◆ 煉鋼爐渣(石)相關應用規範持續發展中，期待工程使用普級化
- ◆ 資源適材適所再利用、工程品質與環境雙贏

鋼鐵產業資源未來發展重點

- ◆ 節能減排技術發展
- ◆ 產業共生

