

直交表에 의한 鑄物砂 配合條件의 改善

(A Study on the Improvement for Mixing Conditions of Foundry Sand by Orthogonal Array)

李 相 道*
權 泳 一**

Abstract

The purpose of this study is to cut down cost of production and improve the productivity of industry through quality improvement of castings and reduction of defectives by applying the experimental design to the foundry sand mixing operation done at molding department in the foundry.

Among the related foundry sand mixing factors which have an effect on casting, the experiment of which factors have a dominant effect on quality improvement was performed between two different levels by means of "2" type orthogonal array."

The results can be summarized as follows :

- 1) The optimum conditions per each foundry sand mixing between two different levels proved to be such as A₂ (used sand) : 24 unit (172.8 kg), B₂ (unused sand) : 2 unit (15.0 kg), C₂ (binder) : 2.5 unit (4.4 kg), D₂ (addition agent) : 1 unit (1.4 kg) and F₁ (moisture) : 7.4 % (14.6 kg) .
- 2) As a result of the application of experimental design, the fraction defective during the foundry sand mixing operation turned out to be reduced from 6.60 % to 2.04 %.
- 3) For the purpose of cost - down, it was found that the optimum level decision of foundry sand mixing for various castings is required to be made by means of experimental design.

1. 緒 論

1.1 研究目的

生産設備가 現代化되지 못한 鑄造業體는 金屬의 鑄造性, 作業者의 習熟度 미흡 및 經營管理者의 合理的이고 科學的인 管理認識 不足으로 인하여 品質向上과 不良發生에 直接 間接으로 미치는 影響이 甚大하므로 關聯問題 解決의 必要性이 切實히 要求되

고 있다. 그러므로 本 研究는 鑄造工場의 鑄型部를 標本으로 하여 統計的 品質管理技法중 實驗計劃法을 鑄物砂 調製作業에 適用하여 現行作業 條件의 改善으로 鑄造品의 品質向上과 不良發生을 減少시키고 原價를 節減하여 生産性을 向上시키는 데 그 目的이 있다.

1.2 研究領域 및 方法

鑄造工程解析에 實驗計劃을 利用한 資料¹⁾들 중에

- 1) 草場郁郎, 「工程不良의 低減 について」, 品質管理, Vol. 27, No 7, 日科技連, 1976, pp. 738 ~ 742.

* 東亞大學校 工科大學 教授

** 盛智工業專門大學 專任講師

서 植嶋의 「生砂型 普通鑄鐵鑄物의 Pin-hole 欠陥에 미치는 熔湯成分의 影響」²⁾의 解析에 L₈ 直交 配列表를 利用해 熔湯成分, 즉, Mn, S, C, Si 등이 Pin-hole 欠陥에 미치는 影響을 研究하였고, 勳田은 「Chilled 方式 Cam Shaft에 있어서 不良 對策의 事例에 대해서」³⁾를 L₈ 直交表로써 實驗을 하였는데 이는 鑄入條件에서 鑄入Ladle의 使用 回數, 鑄入時間, 鑄入順序 등을 因子로 택하여 不良數를 特性值로 하여 問題點을 解決하였으며, 染谷은 「Brake Shoe 加工不良의 減少」⁴⁾ 解析을 L₁₆ 直交表에 의해 實驗하고 그 結果를 分散分析하여 有意있는 主效果와 交互作用(Interaction)을 확인해 最適水準을 求하기 위해 分割法에 의한 實驗을 하였으나, 本 研究에서는 機械用 鑄物素材를 鑄造生産하고 있는 S社의 生産品중 Bolster를 標本 素材로 선택하여 鑄造品의 品質改善을 위한 鑄物砂 調製에 影響을 미치는 因子를 選定하여 L₈ 直交表에 의한 2水準의 因子간에 「交互作用이 없는 경우」

를 實驗하고 그 結果를 分散分析하여 因子의 效果와 最適水準에 대해서 考察하였다.

2 實驗材料 및 實驗方法

2.1 現況調查結果의 解析

1) 製造工程의 概要

① 素材의 構成

Bolster 素材의 特性·規格 및 鑄수는 다음과 같다.

① 鑄鐵品은 品質이 均一하고 해로운 흠, blow-hole 등이 없어야 한다.

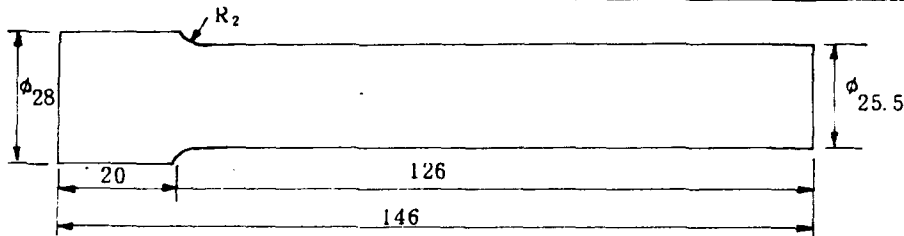
② Bolster 素材의 鑄鐵品은 灰鑄鐵品(Gray Cast Iron) 2種(記號: GC 15)에 屬한다.

③ Bolster 素材의 機械的 性質, 引張強度, 硬度 등은 <表-1>⁵⁾의 規格에 따른다.

④ 素材의 鑄수는 <그림-1>과 같다.

<표-1> Specification of casting material

品 種	種 類	記 號	鑄鐵品의 主要 두께 (mm)	供試材의 鑄造된 狀態의 지름 (mm)	引張強度 (kg/mm ²)	硬 度	
						Hb	Hr
Bolster 素材	灰鑄鐵品 2種	GC 15	15 이상 30 이하	30	15 이상	212 이하	80~90



<그림-1> Casting diagram of bolster

② 製造工程

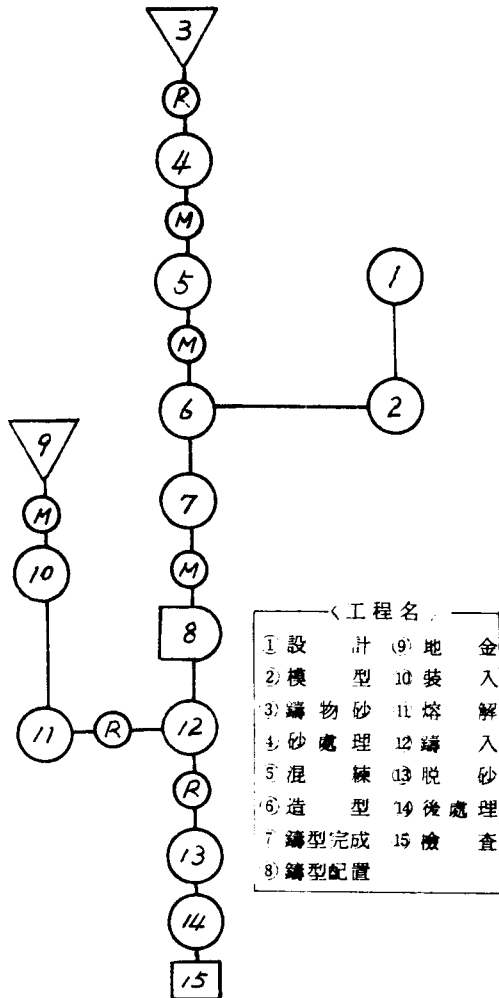
Bolster의 鑄造作業工程은 <그림-2>와 같다.

위의 工程중 標本業體에서 實際 作業하고 있는 主要工程에 대해서 概略적으로 說明하면 3 鑄物砂, ④ 砂處理는 鑄物砂 調製材料인 古砂(混合砂), 新

- 2) 植嶋征四郎, 「生砂型 普通鑄鐵鑄物 핀홀 欠陥에 及ぼす 熔湯成分의 影響」, 品質管理, Vol. 21, No 5 增, 日科技連, 1970, pp. 609~614.
- 3) 勳田耕一, 「ヂル方式カムシャフトにおける 不良對策의 一事例について」, 品質管理, Vol. 23, No 11 增, 日科技連, 1972, pp. 141~145
- 4) 染谷久土, 「ブレーキシュー加工不良의 低減」, 品質管理, Vol. 28, No 3, 日科技連, 1977, pp. 320~326.

砂, 粘結劑, 添加劑 및 工業用水를 準備하며, 鑄物 砂는 제로써 濾過해서 垂直 로울러式 混練機에 各 材料를 調製比率대로 넣어 ⑤ 混練한다. ⑥ 造型은 알 루미늄金型을 使用하여 造型機로써 作業하며 1回 造型에 7個의 素材가 만들어진다. ⑦ 地金은 回收 鐵 60%, 銑鐵 20%, 鍊鐵 20%의 比率로 Cupola에 ⑧ 裝入하고 一定量의 Si, Mn, C, S를 添加시켜 약 1,600°C에서 熔解한다. ⑨ 鑄入時의 熔湯의 溫度는 1,450~1,500°C 程度이며, 1回 鑄入時間은 8~9秒, 冷却時間은 最低 30分으로 한다. ⑩ 脫砂作業은 Shot Tumblest M/C로 하며 그라인더로써 ⑪ 後處理한다. ⑫ 素材의 檢査는

- 5) KS D4301, 灰鑄鐵品(Gray Cast Iron)



〈그림-2〉 Flow process diagram of casting
 全數檢査를 하며 外觀檢査 및 Rockwell Hardness Tester 로써 硬度測定 (1 Lot當試料數: 10個)을 하
 기 不良·不良을 判定하는 것이다. 本 研究에서는 少
 少處理工程을 中心으로 考察하였다.

2) 不良發生現況

① 現況概要

鑄造品의 不良과 欠陥은 容解條件, 鑄造方法, 鑄
 造條件, 鑄型 Process 등에 의해서 發生된다고 한
 다. 지난 4個月간의 標本素材의 不良發生을 外觀
 欠陥의 側面에서 그 結果를 整理하면 〈表-2〉
 가 같다.

〈표-2〉 Status of defective occurrence
 (單位: 個)

項目	6	7	8	9	計
鑄造量	8,000	7,000	7,750	9,500	32,000
不良數	680	770	790	950	3,190
不良率(%)	8.50	11.00	10.53	10.00	9.97

〈表-2〉에 의하면 4個月간의 平均不良率
 9.97%로써 대체로 不良率이 높고, 總不良數의 損
 失額은 3,190개 × 152원^① = 484,880원(月平均:
 121,220원)이 된다.

管理가 되어 있지 않는 狀態下에서 不良內譯에 대
 한 確實한 資料가 없으므로 不良發生內譯을 調查하
 기 위하여 改善되기 前인 現行作業方法대로 鑄造한
 任意의 7 Lots의 素材 8,400個를 全數檢査(外觀檢
 査)하여 不良內譯別로 整理하면 〈表-3〉과 같다.

〈표-3〉 Defective contents

不良內譯	不良數 (個)	不良率 (%)	累積 不良率 (%)	不良 損失額 (원)	發生工程
砂 落	433	42.54	42.54	65,816	鑄物砂調製
鑄入不良	267	26.23	68.77	40,584	鑄入
型不良	102	10.02	78.79	15,504	鑄入
취입	95	9.33	88.12	14,440	造型
異物質混入	77	7.56	95.66	11,704	鑄物砂調製
部分水分過多	44	4.32	100.00	6,688	鑄物砂調製
計	1,018	100.00	—	54,736	—

〈表-3〉에서 總不良損失額率 = $\frac{1,018 \text{ 개} \times 152 \text{ 원}}{8,400 \text{ 개} \times 200 \text{ 원}} \times 100 = 9.21\%$ 이다. 〈表-3〉으로써 不良
 內譯別로 Pareto's Chart를 作成하면 〈그림-3〉
 과 같다. 〈표-3〉의 不良內譯을 工程別로 分類하
 면 〈표-4〉와 같다.

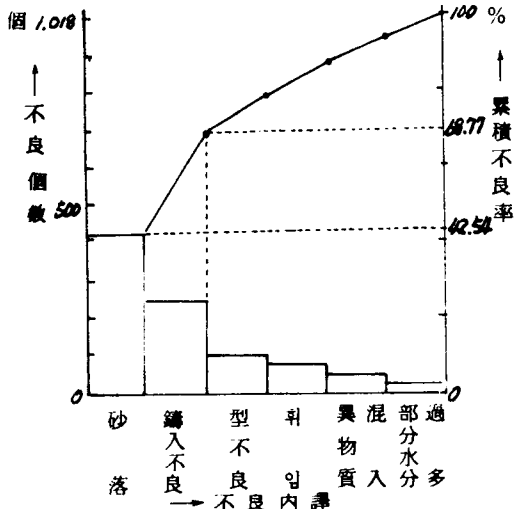
〈표-4〉 Defective contents of each process

工 程	不良數 (個)	不良率 (%)	累積不良率 (%)	不良損失額 (원)
鑄物砂調製	554	54.42	54.42	84,208
鑄入	369	36.25	90.67	56,088
造型	95	9.33	100.00	14,440
計	1,018	100.00	—	154,736

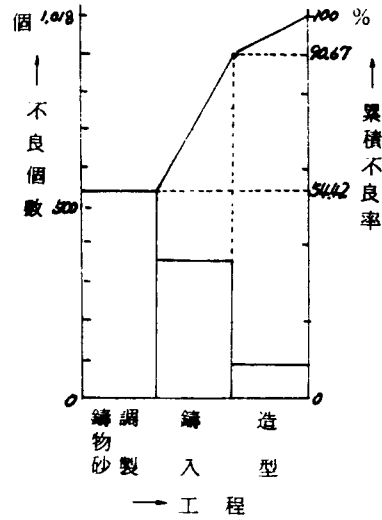
〈표-4〉로써 工程別로 Pareto's Chart를 作成
 하면 〈그림-4〉와 같고, 이 鑄物砂 調製工程에서
 發生하는 不良率이 54.42%를 나타내고 있음을 알
 수 있다.

6,7) 良品(合格品) 1개의 무게는 600g이며 單
 價는 200원이다.

不良損失額의 算定方式: 不良品은 回收鐵
 로써 再使用되며, 回收鐵의 價格은 1kg當 80
 원이므로 不良素材 1개의 價格은 48원이다
 (80원 × 600 / 1,000 = 48원) 따라서 個當 損
 失額은 152원 (= 200 - 48)으로 看做한다.



〈그림-3〉 Pareto's chart of defective contents



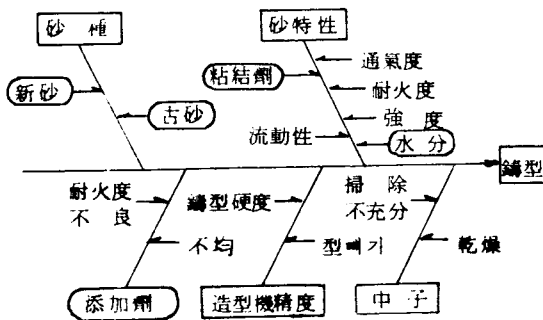
〈그림-4〉 Defective Pareto's chart of Process

따라서 鑄物砂 調製作業에 基因해서 鑄型에 이르기까지 發生하는 不良要因을 把握하여 解決하고자 함이 主題의 選定理由라고 말할 수 있다.

〈그림-4〉를 檢討하면 鑄物砂 調製工程에서 不良發生率이 54.42%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 이 工程에서 發生하는 不良率을 減少시키기 위하여 〈그림-5〉의 鑄物素材 不良發生要因인 鑄型에서 古砂, 新砂, 粘結劑, 添加劑, 水分의 鑄物砂 調製方法을 現行作業의 水準에서 費用을 節減시키고 品質을 向上시킬 수 있는 水準의 最適條件을 決定하는 方法에 着案하여 實驗計劃을 利用하고자 한다.

↳ 鑄物素材 不良發生 特性要因

鑄造品의 欠陥은 그 發生位置에 따라 表面欠陥 과 内部欠陥으로 大別되며 欠陥 및 不良發生의 諸般原因⁸⁾ 중 鑄型에 미치는 影響을 特性要因別로 열거하 〈그림-5〉와 같다.

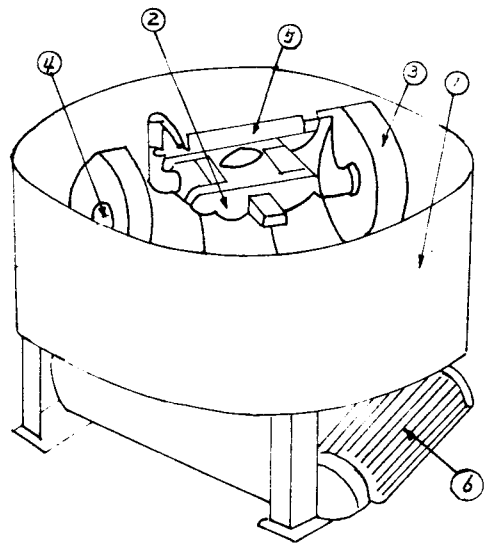


〈그림-5〉 Characteristic diagram of defective materials

2.2 材料 및 調製裝置

1) 鑄物砂 調製裝置

實驗因子로 使用된 材料는 〈표-5〉와 같고 鑄物砂 調製裝置(混練機: Sand Mill)는 〈그림-6〉과 같은 Roller式 混練機(VERTICAL roller type Sand Mill)⁹⁾이며 使用한 混練機의 寸수와 明細는 〈표-6〉과 같다.



① 胴體 ② 主回轉軸 ③ Roller ④ Roller 回轉軸 ⑤ 加壓裝置 ⑥ Motor

〈그림-6〉 Vertical roller type Sand Mill

8) 森完明, 小野寺則雄, 「鑄造의 品質管理」, 品質管理, Vol. 30, No 2, 日科技連, 1979, p.p.212.

9) KS B 4076, 垂直로울러 타입샌드밀 (Sand Mill) 의 寸수 및 명세

〈표-5〉 Contents of experimental materials

材 料	內 容	備 考
古 砂	鑄型에 既使用된 混合砂	—
新 砂	硅砂(國內品, 浦項産)	1 噸當 10,000원
粘 結 劑	bentonite(國內品)	1 kg當 55원
添 加 劑	sea-coal(國內品)	1 kg當 120원
水 分	工業用水	—

〈표-6〉 Specification of Sand Mill

區 分	形 式	S W - 2
胴體 規格		1,300 φ × 400 H
使用 Motor		7.5 IP × 4 P
R. P. M.		30
1 回 容量		200 ~ 300 kg

2) 鑄物砂 調製配置

鑄物砂 調製工程에서 提起된 問題點을 實驗計劃 法중 直交配列表에 의해 實驗解析하기 위하여 因子와 水準을 〈표-7〉과 같이 決定하였다.

〈표-7〉에서 記述한 5個의 因子는 어느 것이나 鑄物砂 調製에 關한 것으로 水準 1은 現行作業 方法이고, 水準 2는 原價節減, 不良減少, 品質向上 등을 고려하여 最適으로 豫想되는 改善作業方法으로 決定하였다.

〈표-7〉의 因子와 水準을 直交配列表의 $L_8(2^7)$ 에 의하여 鑄物砂 調製配置를 〈표-8〉과 같이 하였다.

3) 實驗方法

鑄物砂 調製配置에 따라 다음과 같은 方法으로 實驗하였다.

① 實驗은 먼저 研究室에서 實施하고 標本工場의 鑄型部에서 現場實驗을 行하였다. 實驗順序 및 回數는 亂數表에 의하여 random으로 定하고(표-8 參

〈표-8〉 Foundry sand mixing arrangement by orthogonal array $L_8(2^7)$

因 子 行 列	直 交 配 列 表 $L_8(2^7)$							實 驗 的 指 示 內 容					實 驗 順 序
	A	B	C	D	F	G	H	古 砂	新 砂	粘 結 劑	添 加 劑	水 分	
1	1	1	1	1	1	1	1	23	3	4	1.5	7.4	1
2	1	1	2	2	1	2	2	23	3	2.5	1	7.4	2
3	1	2	1	1	2	2	2	23	2	4	1.5	6.2	7
4	1	2	2	2	2	1	1	23	2	2.5	1	6.2	3
5	2	2	1	2	1	1	2	24	2	4	1	7.4	4
6	2	2	2	1	1	2	1	24	2	2.5	1.5	7.4	6
7	2	1	1	2	2	2	1	24	3	4	1	6.2	5
8	2	1	2	1	2	1	2	24	3	2.5	1.5	6.2	8

註: 因子G,H의 6,7列은 誤差로 한다.

〈표-7〉 Decision of factors & levels

因 子	內 容	水 準	
		1	2
A	古 砂 (1 unit = 7.2 kg) 量	23 unit 165.6 kg	24 unit 172.8 kg
B	新 砂 (1 unit = 7.5 kg) 量	3 " 22.5 kg	2 " 15.0 kg
C	粘 結 劑 量 (1 unit = 1.75 kg)	4 " 7.0 kg	2.5 " 4.4 kg
D	添 加 劑 量 (1 unit = 1.4 kg)	1.5 " 2.1 kg	1 " 6.2 kg
F	水 分 (%) 分	7.4 % 14.6 kg	6.2 % 12.0 kg
計		211.8 kg	205.6 kg

註: 水分의 量은 古砂와 新砂 自體에 水分이 多少 含有되어 있으므로 表示된 量보다 조금 적게 添加한다.

照) 總 8回 實施하였다.

② 試驗檢査項目은 다음과 같이 하였다.

㉠ 外觀檢査

灰鑄鐵品(Gray Cast Iron, KS D 430D)의 品質 特性에 準하여 良·不良을 全數選別하였다.

㉡ 物性檢査

Rockwell 硬度試驗方法(Method of Rockwell Hardness Test, KS B 0806)과 金屬材料 引張試驗片(KS B 0801), 金屬材料 引張試驗方法(KS B 0802)에 의하여 硬度 및 引張強度를 測定하였다.

㉢ 鑄物砂의 水分測定

Moisture Balance(Shimadzu, Model: Mo-1)를 使用하여 水分率을 調整하였다.

③ 1回 實驗當 鑄造數량은 1 Lot(1,260 個)로 定하였다.

〈丑-9〉 Results of experiment

實驗 順序	因子 列 行	A	B	C	D	F	G	H	測定值 (%)	不良內譯						硬度 (HR)	引張 強度 (kg/mm ²)
		1	2	3	4	5	6	7		砂落	鑄入 不良	취입	型不良	異物質 混入	部分水 分過多		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	$x_1 = 108$ 8.57%	48 3.81	30 2.38	10 0.79	9 0.71	6 0.48	5 0.40	83.1	19.1
2	2	1	1	2	2	1	2	2	$x_2 = 33$ 2.62%	9 0.71	5 0.40	-	4 0.32	9 0.71	6 0.48	81.4	17.5
7	3	1	2	1	1	2	2	2	$x_3 = 50$ 3.97%	15 1.19	24 1.90	-	7 0.56	-	4 0.32	82.6	15.9
3	4	1	2	2	2	2	1	1	$x_4 = 50$ 3.97%	17 1.35	17 1.35	-	10 0.79	-	6 0.48	81.8	15.9
4	5	2	2	1	2	1	1	2	$x_5 = 56$ 4.44%	6 0.48	9 0.71	2 0.16	4 0.32	-	35 2.77	84.7	17.8
6	6	2	2	2	1	1	2	1	$x_6 = 36$ 2.70%	7 0.56	13 1.03	2 0.16	8 0.63	-	4 0.32	84.8	15.9
5	7	2	1	1	2	2	2	1	$x_7 = 93$ 7.38%	4 0.32	89 7.06	-	-	-	-	83.5	16.9
8	8	2	1	2	1	2	1	2	$x_8 = 53$ 4.21%	12 0.95	21 1.67	-	7 0.56	-	13 1.03	84.3	16.2
計									$\sum_{i=1}^8 x_i = 477$ 4.73%	118	208	14	49	15	73	平均值	平均值
										1.17	2.06	0.14	0.49	0.15	0.72	83.3	16.9

註：① 各行의 下列숫자는 1回鑄造數量 1,260個에 대한 不良率을 의미한다.

② 計란의 集計숫자는 8回總鑄造數量 10,080個에 대한 不良數와 不良率을 의미한다.

④ 1回 實驗當 混練機의 混練作業回數는 7回로 3.75%의 減少를 보임을 알 수가 있다. 하였다.

⑤ 不良品의 數를 直交配列表의 測定值로 定하였다.

3. 實驗結果

〈丑-8〉과 같이 鑄物砂 調製 配置方法대로 實驗을 實施하여 얻어진 結果를 整理하면 〈丑-9〉와 같다.

〈丑-9〉에서 얻어진 結果로서 水準間의 不良數와 不良率을 比較整理하면 〈丑-10〉과 같다.

〈表-10〉에 의하면, 古砂量을 A₁水準에서 A₂水準으로 바꾸면 不良率이 60.25%에서 59.00%로 1.25% 減少하고, 新砂量을 B₁水準에서 B₂水準으로 바꾸면 不良率이 71.75%에서 47.50%로 24.25% 크게 떨어지며, 粘結劑量을 C₁水準에서 C₂水準으로 바꾸면 不良率이 76.75%에서 42.50%로 34.25% 크게 減少하고, 添加劑量을 D₁水準에서 D₂水準으로 바꾸면 不良率은 61.25%에서 58.00%로 3.25% 減少를 보이고, 水分은 F₂水準보다 F₁水準으로 하는 편이 不良率이 61.50%에서 57.75%로

〈丑-10〉 Comparison of defective number & fraction defective between factor & levels

因子	水準	不良數의 合	不良率의 比
A	A ₁	241	60.25
	B ₂	236	59.00
B	B ₁	287	71.75
	B ₂	196	47.50
C	C ₁	307	76.75
	C ₂	170	42.50
D	D ₁	245	61.25
	D ₂	232	58.00
F	F ₁	231	57.75
	F ₂	246	61.50
G	G ₁	267	66.75
	G ₂	210	52.50
H	H ₁	285	71.25
	H ₂	192	48.00
各因子當 2水準의 合		477	119.25

4. 結果分析 및 考察

4.1 分散分析

〈표-9〉의 實驗結果表로부터 測定值를 分析하

면 各行의 測定值는 良品을 0으로, 不良品을 1로 하였을 때 1回 實驗數 n=1,260個의 값의 合으로 하였다. 따라서 實驗의 크기 N=8n(10,080)으로 하고 各 變動을 求한 分散分析表는 〈표-11〉과 같다.

〈표-11〉 Analysis of variance

source	ϕ	S	V	$F_0 \left(\frac{V}{V_e} \right)$	F(0.05)	F(0.01)
m	1	22.57	22.57	503.795		^{1e}
A	1	0.0025	0.0025	—	$F'_{10,077}(0.05)=3.84$	$F'_{10,077}(0.01)=6.63$
B	1	0.9334	0.9334	20.835**		
C	1	1.8620	1.8620	41.563**		
D	1	0.0168	0.0168	—		
F	1	0.0223	0.0223	—		
e ₁	2	1.1803	0.5902	—		
e ₂	10,072	450.41	0.0447	—		
(e')	(10,077)	(451.6319)	(0.0448)	—		
T	10,080	477	—	—		

註: $S_e = S_A + S_D + S_F + S_{e_1} + S_{e_2} = 451.6319$

$\phi_{e'} = \phi_A + \phi_D + \phi_F + \phi_{e_1} + \phi_{e_2} = 10,077$

$V_{e'} = \frac{S_{e'}}{\phi_{e'}} = 0.0448$

4.2 考察

① 實驗因子 A, D, F의 不分散值(V)가 극히 작으므로 이들 3因子의 水準간의 變動으로는 鑄物砂 調製에서 發生되는 素材의 不良에 미치는 影響이 적음을 나타내고 있다.

② 上記 3因子를 「pooling」하여 $V_{e'}$ 의 값을 求하여 나머지 2因子 B, C에 대하여 F檢定한 結果 因子 B(新砂), C(粘結劑)의 F_0 값이 위험률 1% 값보다 모두 크므로 「高度로 有意的인 差가 있다.」

는 것을 의미한다. 따라서, 2因子의 水準간에는 鑄物砂 調製에서 發生되는 不良에 커다란 影響을 미치고 있음을 알 수 있다.

③ 推定

鑄物砂 調製作業에서 發生되는 素材不良에 크게 影響을 미치는 2因子 즉, B(新砂), C(粘結劑)의 效果에 대하여 推定한 結果는 〈표-12〉와 같다.

水準의 決定에는 費用의 差, 素材의 外觀特性(表面狀態)의 影響 등을 包含시켜 綜合的으로 判斷되는 것이므로 最適水準 決定은 〈表-12〉에 의하여 A_2 ,

〈표-12〉 Results of analysis

因子	水 準		不良率(%)	1回混練作業當費用	費用差	最適水準決定
A(古砂)	1	23 unit	4.78	고려하지 않음	—	A_2
	2	24 "	4.86			
B(新砂)	1	3 "	5.69	$22.5 \times 10 \text{ 원/kg} = 225 \text{ 원}$ $15.0 \times 10 \text{ 원/kg} = 150 \text{ 원}$	75 원	B_2
	2	2 "	3.77			
C(粘結劑)	1	4 "	6.09	$7.0 \times 55 \text{ 원/kg} = 385 \text{ 원}$ $4.4 \times 55 \text{ 원/kg} = 242 \text{ 원}$	143 원	C_2
	2	2.5 "	3.37			
D(添加劑)	1	1.5 "	4.86	$2.1 \times 120 \text{ 원/kg} = 252 \text{ 원}$ $1.4 \times 120 \text{ 원/kg} = 168 \text{ 원}$	84 원	D_2
	2	1 "	4.60			
F(水分)	1	7.4 %	4.58	고려하지 않음	—	F_1
	2	6.2 "	4.88			
信賴 限界 (CL) ¹⁰⁾			$\pm 0.6 \%$	—	302 원	—

10) 信賴限界(C Confidence Limit) = $\pm \sqrt{F'_{10,077}(0.05) \frac{V_{e'}}{N_e}}$

B₂, C₂, D₂, F₁이 된다.

그러므로, 鑄物砂 調製作業의 最適條件을 만족시킬 수 있는 各 因子의 1回 混練作業量은 A₂(古砂) 24 unit, B₂(新砂) 2unit, C₂(粘結劑) 2.5unit, D₂(添加劑) 1unit, F₁(水分) 7.4%의 水準으로 나타나며 費用은 古砂와 工業用水 및 諸費用을 고려하지 않을 때 1回 混練作業當 302 원이 節減되므로 素材 1,260 個를 鑄型하는데 必要한 混練回數는 7 回로써 302 원 × 7 회 = 2,114 원의 費用이 節減된다.

因子 B, C의 效果를 그래프로 表示하면 <그림 7, 8>과 같다.

4.3 改善前後의 不良比較

實驗計劃의 直交配列表를 利用하여 鑄造作業을 實施한 標本素材 10,080 個에 대하여 檢査한 結果와 實驗計劃 實施 以前의 素材 8,400 個에 대하여 檢査한 結果를 不良內譯別로 比較 整理하면 <표-13>과 같다.

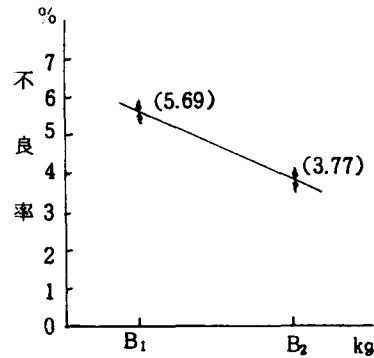
<표-13>의 不良內譯別 比較表를 工程別로 比較 整理하면 <표-14>와 같다.

<표-13>에서 改善後의 總不良損失額率 =

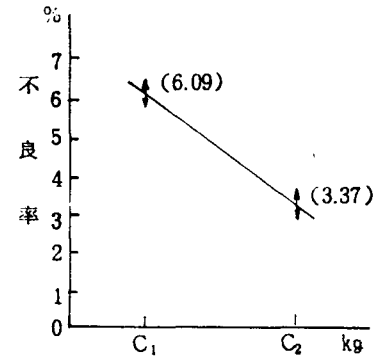
$$\frac{477 \text{ 개} \times 152 \text{ 원}}{10,080 \text{ 개} \times 200 \text{ 원}} \times 100 = 3.59 \% \text{이다. } <표-13>$$

의 不良內譯別 比較를 作業改善 前後로 나누어서 Pareto's Chart를 作成하면 <그림-9>와 같으

며, <표-14>의 工程別 比較를 作業改善 前後, 나누어서 Pareto's Chart를 作成하면 <그림-10>과 같다.



<그림-7> Effect of unused foundry sand



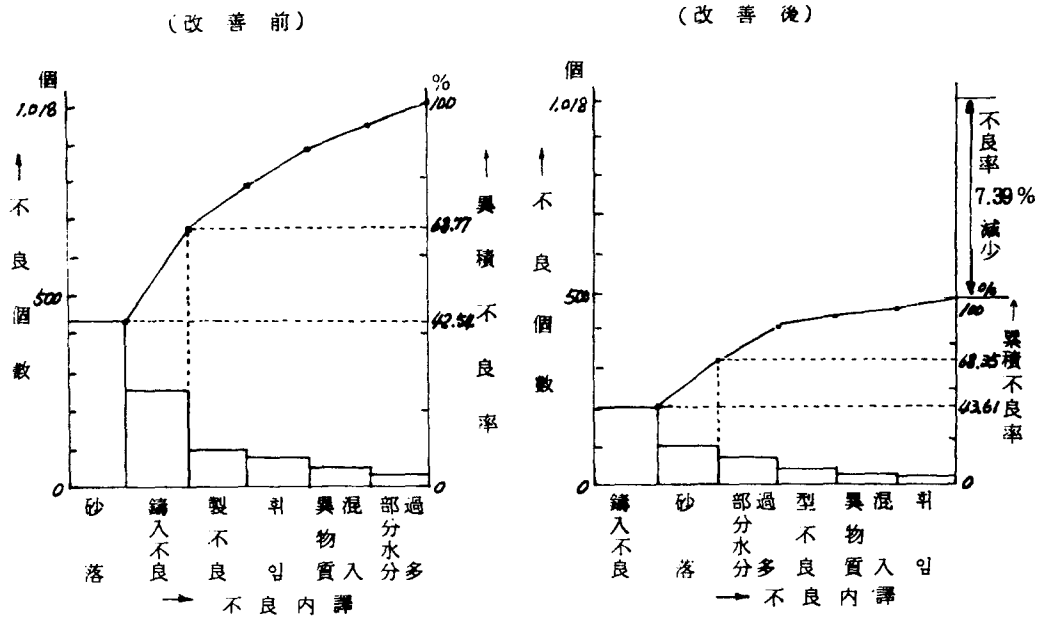
<그림-8> Effect of binder

<표-13> Comparison of defective contents

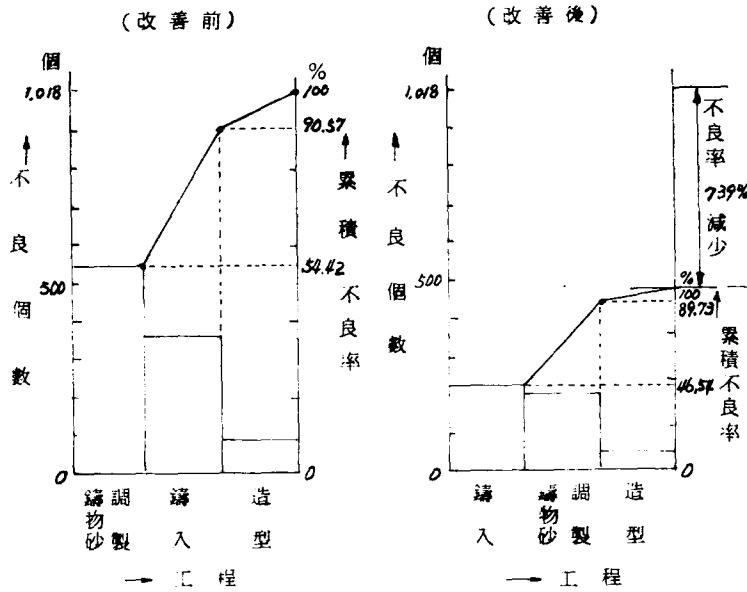
不良內譯	改善前(檢査數量: 8,400 個)				改善後(檢査數量: 10,080 個)				發生工程
	不良數	不良率 (%)	累積不良率 (%)	不良損失額 (원)	不良數	不良率 (%)	累積不良率 (%)	不良損失額 (원)	
砂 落	433	5.16	5.16	65,816	118	1.17	1.17	17,963	鑄物砂調製
鑄入 不良	267	3.18	8.34	40,584	208	2.06	3.23	31,616	鑄 入
部分水分過多	44	0.52	8.86	6,688	73	0.72	3.95	11,096	鑄物砂調製
型 不良	102	1.21	10.07	15,504	49	0.49	4.44	7,448	鑄 入
異物質混入	77	0.92	10.99	11,704	15	0.15	4.59	2,280	鑄物砂調製
취 입	95	1.13	12.12	14,440	14	0.14	4.73	2,128	鑄 入
計	1,018	12.12	—	154,763	477	4.73	—	72,504	—

<표-14> Defective comparison of each process

工 程	改善前(檢査數量: 8,400 個)				改善後(檢査數量: 10,080 個)			
	不良數	不良率 (%)	累積不良率 (%)	不良損失額 (원)	不良數	不良率 (%)	累積不良率 (%)	不良損失額 (원)
鑄物砂調製	554	6.60	8.60	84,208	206	2.04	2.04	31,312
鑄 入	369	4.39	10.99	56,088	222	2.20	4.24	33,744
造 型	95	1.13	12.12	14,440	49	0.49	4.73	7,448
計	1,018	12.12	—	154,736	477	4.73	—	72,504



〈그림-9〉 Comparative Pareto's charts of defective contents



〈그림-10〉 Defective comparison Pareto's charts of process

〈표-13〉과 〈표-14〉를 考察하면 實驗計劃을 利用한 鑄物砂 調製作業의 實施로 不良內譯別 · 工程別 不良率이 改善前 12.12%에서 改善後 4.73%로 7.39%의 減少를 보였는데, 이는 〈표-13〉에 의하면 鑄物砂 調製作業에서 發生하는 主不良인 砂落의 不良率이 5.16%에서 1.17%로 3.99%의 減少에 크게 基因되며, 〈표-14〉에 의하면 鑄物砂 調製作業工程에서 發生하는 不良率이 6.60%에서 2.04%로 4.56%의 減少를 나타내었다.

또한 附隨的 效果로써 總不良損失額率이 〈표-3〉의 改善前 9.21%에서 〈표-13〉의 改善後 3.59%로 떨어져 5.62%의 減少를 보여 原價節減에 크게 寄與하였음을 알 수 있다.

4. 結 論

科學的 管理技法이 導入되지 않은 標本工場에서 鑄造되는 鑄物素材의 品質改善을 위하여 統計的 品

質管理技法인 實驗計劃法을 適用시켜 鑄物砂 調製의 良否로 鑄型에 影響을 미치는 因子들중 素材의 品質向上(특히 外觀特性)에 어떤 因子가 支配的인가를 「2ⁿ型 直交配列表」에 의해 實驗되었다.

本 研究에서 얻어진 結果를 要約해 보면 다음과 같다.

① 標本素材에 대한 鑄物砂 調製의 2水準 間에서 1回 混練作業當 最適條件을 A₂(古砂) 24 unit (172.8 kg), B₂(新砂) 2 unit (15.0 kg), C₂(粘結劑) 2.5 unit (4.4 kg), D₂(添加劑) 1 unit (1.4 kg), F₁(水分) 7.4 % (14.6 kg) 으로 決定하였다.

② 鑄物砂 調製作業에서 發生하는 不良이 6.60 % 에서 2.04 %로 4.56 % 減少하였다.

③ 原價節減을 위하여 各種 素材別 最適水準을 實驗計劃的으로 決定할 必要性을 再檢討해 볼 수 있다.

以上과 같은 研究考察로 보아 앞으로 製造現場에 工場實驗(實驗計劃法)을 適用하면 보다 效果的인 情報를 얻을 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- 1) 宋瑞日, 實驗計劃法一, 英志文化社, 1980.
- 2) 金德潤, 鑄物便覽, 大光書林, 1974.
- 3) 廉熙澤·李啓完, 最新鑄造工學, 文運堂, 1976.
- 4) KS B 0801, 金屬材料 引張試驗片
- 5) KS B 0802, 金屬材料 引張試驗方法
- 6) KS B 0806, Rockwell 硬度試驗方法.
- 7) 田口玄一·橫山巽子, 最新實驗計劃法, 韓國工業標準協會, 1977.
- 8) 田口玄一, 新版實驗計劃法, 丸善(株), 1967.
- 9) 木村俊夫, 實驗計劃法の手ほどき, 南江堂, 1963.
- 10) Kempthorn, O., The Design and Analysis of Experiments, J. Wiley, 1952.
- 11) Bose, R. C. and Bush, K. A., "Orthogonal Arrays of Strength Two and Three", AMS, 1952.
- 12) Charles R. Hicks, Fundamental Concepts in the Design of Experiment, Holt, Rinehart & Winston, 1964.
- 13) J.M. Juran, Quality Control Handbook, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1974.