

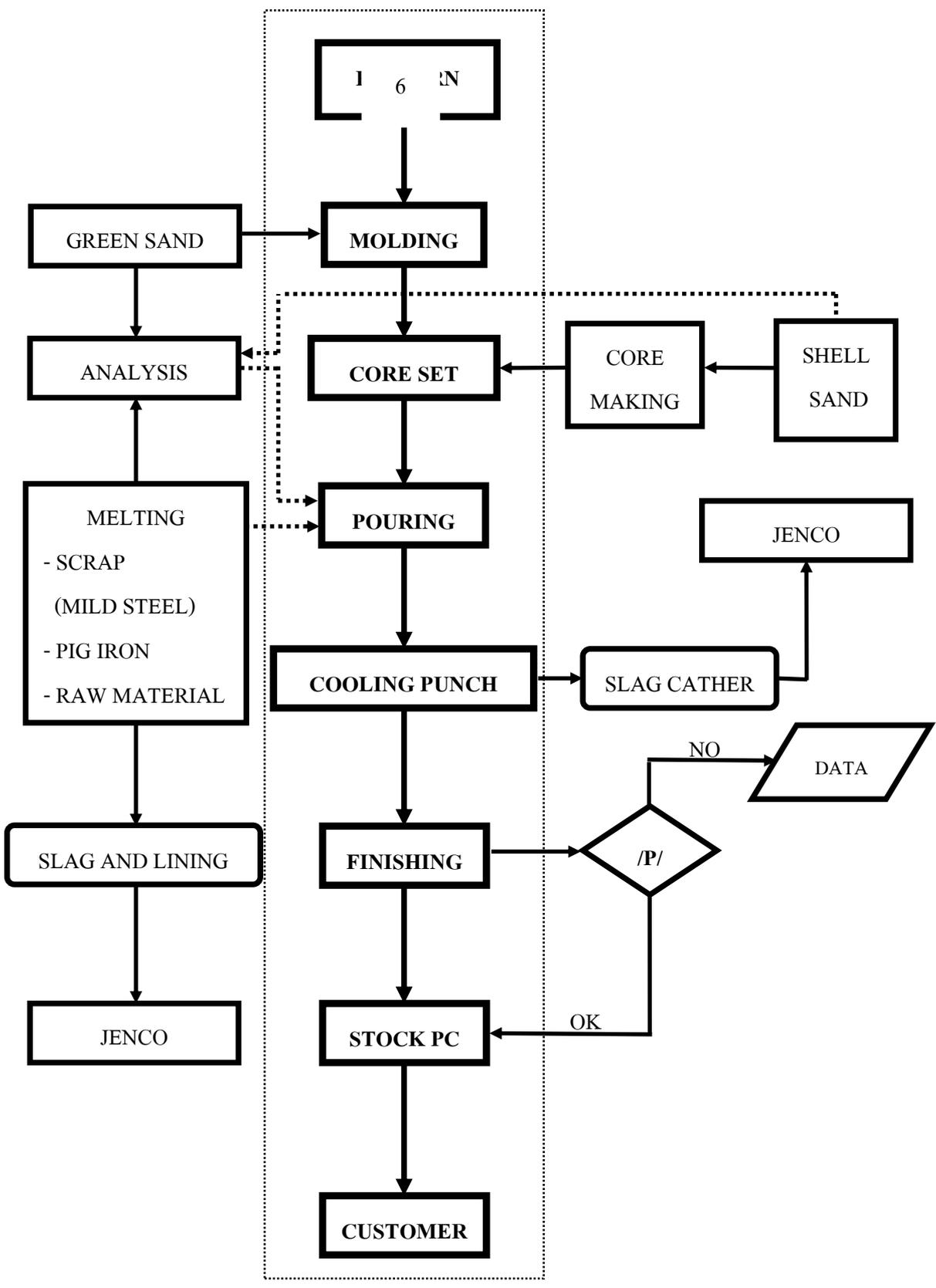
บทที่ 2

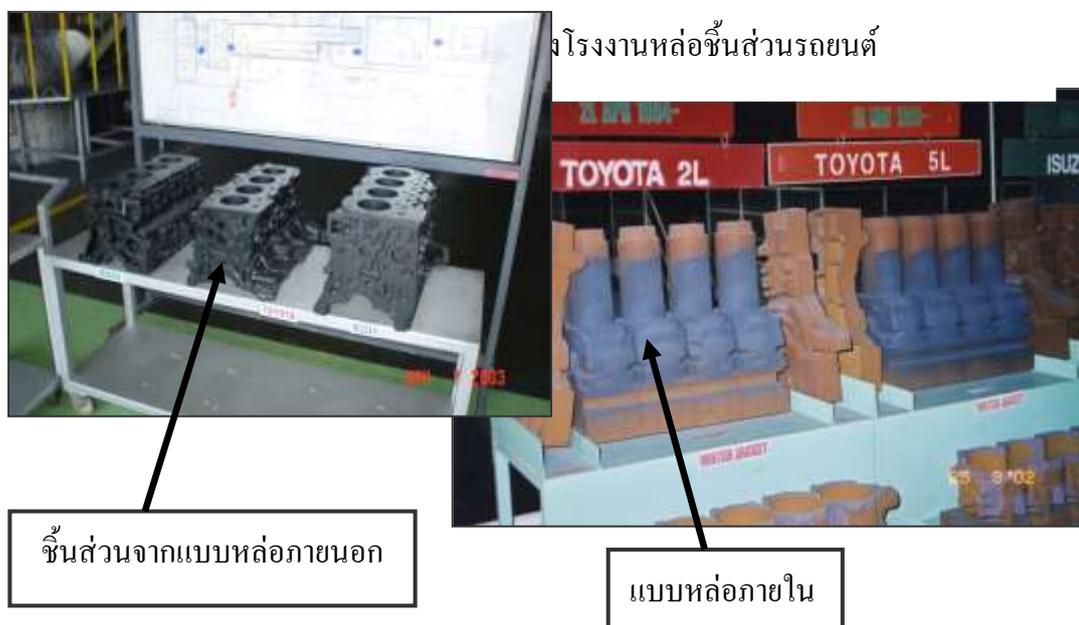
ข้อมูลเกี่ยวกับการกระบวนการผลิตและปริมาณของผงฝุ่นทรายไส้แบบที่เกิดขึ้น รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต

2.1.1 กระบวนการผลิตของโรงงานหล่อขึ้นส่วนรถยนต์

จากแผนผังแสดงกระบวนการผลิตของโรงงานหล่อขึ้นส่วนรถยนต์ของบริษัท โตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด ในภาพที่ 2.1 โดยเริ่มต้นจากกระบวนการหลัก (ในกรอบประ) โดยเมื่อแบบหล่อ (Pattern) ได้รับการออกแบบเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่กระบวนการทำแบบหล่อจริง (Molding) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แบบหล่อภายในและแบบหล่อภายนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.2 โดยแบบหล่อทั้งสองส่วนจะใช้วัสดุเป็นทรายที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในเรื่องของขนาดที่ใกล้เคียงกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันของแบบหล่อทั้งสองคือ วัสดุที่ใส่เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของทราย และอุณหภูมิในการขึ้นรูปซึ่งโดยปกติจะเรียกทรายที่ใช้ทำแบบหล่อภายนอกว่า Green Sand ได้รับอุณหภูมิประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส ในขณะที่แบบหล่อภายในจะเรียกว่า Dust Shell Sand ได้รับอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส เมื่อได้แบบหล่อทั้งสองส่วนแล้วจึงประกอบรวมกันเป็นแบบรวม (Core Set) ต่อจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการเทส่วนผสมจากเตาหลอม (Pouring) โดยส่วนผสมจะประกอบด้วย Scrap ซึ่งเป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แร่เหล็ก (Pig Iron) และวัสดุอื่น ๆ ที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของส่วนผสมและในกระบวนการหลอมส่วนผสมนี้จะได้กากของเสียเป็นตะกั่วเตาหลอม (Slag) เศษผนังเตาหลอม (Lining) และฝุ่นจากเตาหลอม (Slag Dust) ที่หมดอายุการใช้งาน โดยกากดังกล่าวจะให้จัดส่งบริษัท เจนโก้ (JENCO) เป็นผู้ดำเนินการกำจัดต่อไป หลังจากการเทส่วนผสมเรียบร้อยแล้วจะมาถึงกระบวนการลดอุณหภูมิตามลำดับ โดยในขั้นตอนนี้จะมีตะกั่วเศษเหล็กที่ติดกับแบบและหลุดร่อนออกในขณะที่มีการลดอุณหภูมิ และขั้นตอนท้ายสุดจะมาถึงกระบวนการตกแต่ง (Finishing) แล้วให้ได้ตรงตามแบบกำหนด ถ้าผ่านเกณฑ์ที่ควบคุมแล้วจึงทำการจัดเก็บ (Stock PC) เพื่อรอส่งมอบให้กับลูกค้า (Customer) แต่ในกรณีที่ไม่มีผ่านจะจัดเก็บเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพต่อไป ในกระบวนการผลิตจะมีวิเคราะห์คุณภาพของขั้นตอนการทำแบบหล่อทั้งสองส่วนและการเทอย่างละเอียด

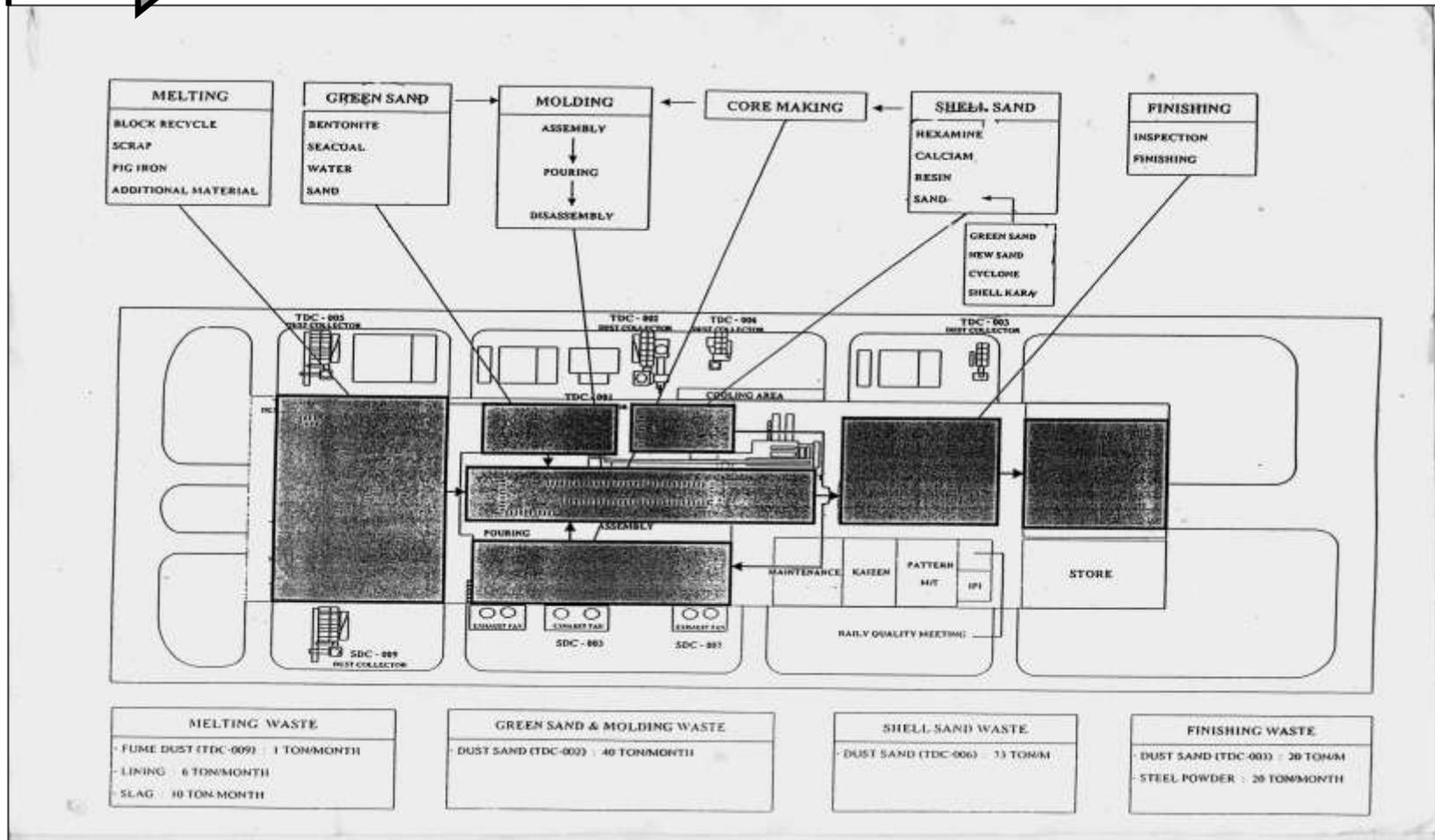




ภาพที่ 2.2 แบบหล่อภายในและแบบหล่อภายนอก

จากกระบวนการผลิตดังกล่าวของต้นจะเกิดของเสียประเภทต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ถ้าจัดกลุ่มตามแหล่งของการผลิตออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มจากกระบวนการหลอมและกลุ่มจากกระบวนการทำแบบหล่อ โดยในกลุ่มแรกจะเป็นตะกรันเตาหลอม (Slag) ผงตะกรันเตาหลอม (Lining) และฝุ่นจากเตาหลอม (Slag Dust) รวมทั้งเศษหลังจากการหล่อซึ่งได้แก่ ผงเหล็ก (Steel Powder) ส่วนกลุ่มหลังซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณมากที่สุดได้แก่ ผงฝุ่นทรายใส่แบบซึ่งสามารถแบ่งย่อยตามสายการผลิตออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ จากการทำแบบหล่อภายในได้ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม Shell Sand Waste จากการทำแบบหล่อภายนอกได้ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม Green Sand and Molding Waste และการตกแต่งชิ้นส่วนได้ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม Finishing Waste ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยที่สำรวจในปี พ.ศ. 2545 จากมากไปน้อยเป็น 81, 20 และ 5 ตันต่อเดือน ตามลำดับ แต่ในปัจจุบันทางบริษัทได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตใหม่จนทำให้ทรายกลุ่มที่มาจากตกแต่งมีจำนวนลดลงเป็นอย่างมาก

จุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 2.3 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตและของเสียที่เกิดขึ้น

2.1.2 ปริมาณสารพิษจากฝุ่นในกระบวนการผลิต

จากการตรวจสอบปริมาณของสารพิษที่มีอยู่ในผงฝุ่นทรายใส่แบบทั้งโรงงานของบริษัท สยาม โทโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด โดยบริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2545 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าปริมาณสารพิษน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดไว้

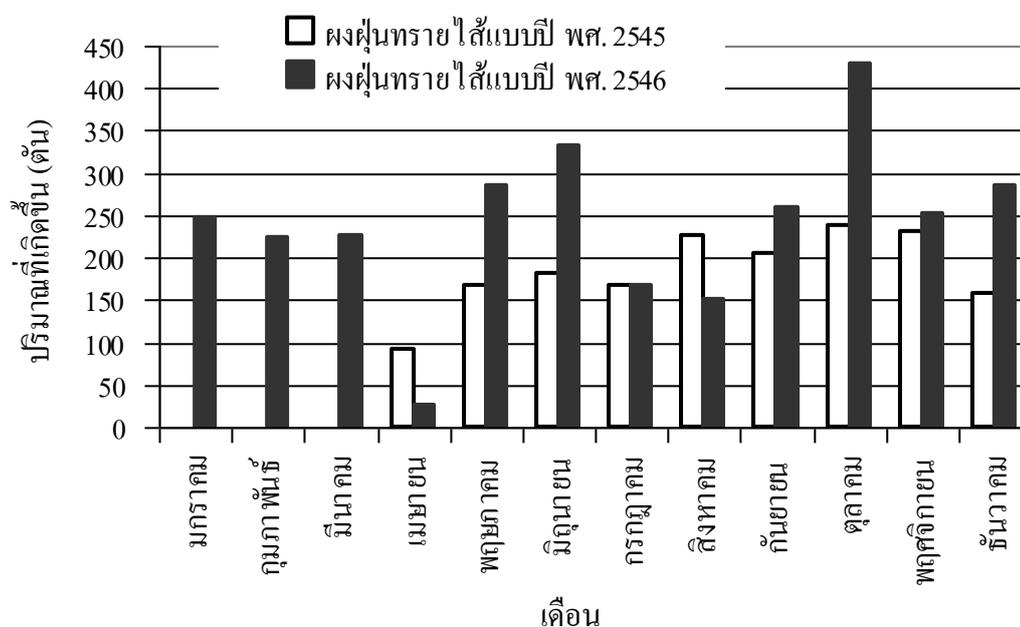
ตารางที่ 2.1

ปริมาณสารพิษที่ทำการตรวจวัดจากของเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

สารพิษ	หน่วย	วิธีทดสอบ	เศษทราย	เกณฑ์มาตรฐาน
Total Arsenic	Mg/l as As	Atomic Absorption Spectrometric Method	0.019	≤ 5.0
Total Barium	Mg/l as Ba	Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometric Method	0.17	≤ 100
Total Cadmium	Mg/l as Cd	Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometric Method	0.02	≤ 1.0
Total Chromium	Mg/l as Cr	Atomic Absorption Spectrometric Method	< 0.10	≤ 5.0
Total Copper	Mg/l as Cu	Atomic Absorption Spectrometric Method	< 0.10	-
Total Iron	Mg/l as Fe	Atomic Absorption Spectrometric Method	0.70	-
Total Lead	Mg/l as Pb	Atomic Absorption Spectrometric Method	< 0.10	≤ 5.0
Total Mercury	Mg/l as Hg	Atomic Absorption Spectrometric Method	0.002	≤ 0.2

2.2 ปริมาณของผงฝุ่นทรายใส่แบบ

ผลจากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลของผงฝุ่นทรายใส่แบบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด ตั้งแต่เดือน เมษายน พ.ศ 2545 ถึง ธันวาคม พ.ศ 2546 แสดงในภาพที่ 2.4 พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2545 ปริมาณผงฝุ่นทรายใส่แบบมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขณะที่ในปี พ.ศ. 2546 มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากการแปรเปลี่ยนกำลังการผลิตที่เป็นไปตามความต้องการของตลาดและการซ่อมแซมระบบการผลิต โดยมีปริมาณเฉลี่ยของผงฝุ่นทรายใส่แบบในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2546 อยู่ที่ 185 และ 240 ตันต่อเดือน ตามลำดับ



ภาพที่ 2.4 ปริมาณของผงฝุ่นทรายใส่แบบที่เกิดขึ้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Asgeirsson, H. and Gudmundsson, G.(1979) ได้ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกของฝุ่นซิลิกา (Silica Dust) พบว่ามอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของฝุ่นซิลิกาจะมีการพัฒนากำลังในช่วงแรกดี อันเนื่องมาจากผลของความเป็นต่างในฝุ่นซิลิกาที่สูง

McIntyre, S. et al. (1992) ได้สรุปการใช้ประโยชน์จากทรายไล่แบบที่ได้จากอุตสาหกรรมการหล่อขึ้นส่วนโลหะ พบว่าทรายไล่แบบสามารถนำมาใช้แทนที่ในมวลรวมละเอียดในปริมาณการแทนที่ต่างๆ ได้ โดยทรายไล่แบบสามารถทำหน้าที่เป็นวัสดุเติมแทรก (Filler Material) ในคอนกรีตซึ่งจะมีทำให้คอนกรีตมีการพัฒนากำลังในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น

Naik, T. et al. (1994) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของคอนกรีตในสภาวะสดและแข็งตัวแล้ว เมื่อทำการแทนที่ทรายไล่แบบ (Foundry Sand) ทั้งที่ไม่ผ่านการใช้งานและผ่านการใช้งานในมวลรวมละเอียดโดยน้ำหนักที่ร้อยละ 25 และ 35 โดยกำหนดสัดส่วนผสมของคอนกรีตปกติให้มีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 38 เมกะปาสกาล (5,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) พบว่าคอนกรีตที่ผสมทรายไล่แบบที่ผ่านการใช้งาน มีกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นที่อายุ 28 วัน ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายไล่แบบที่ไม่ผ่านการใช้งานร้อยละ 20 ถึง 30 ในขณะที่รับแรงอัดคอนกรีตซึ่งทำการแทนที่ทรายไล่แบบที่ไม่ผ่านการใช้งานในมวลรวมละเอียดร้อยละ 25 และ 35 มีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติ

Naik T. and Kraus, R. (1995) ได้ศึกษาผลกระทบของทรายไล่แบบที่มีต่อการควบคุมกำลังของคอนกรีตที่มีค่าต่ำ พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตสดมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของการทรายไล่แบบที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีค่าความต้องการน้ำลดลง นอกจากนี้ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตมีเพิ่มขึ้นตามร้อยละการแทนที่ที่เพิ่มขึ้น สำหรับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ในส่วนผสมที่ทำการแทนที่ทรายไล่แบบในสัดส่วนร้อยละ 30 และ 60 ในมวลรวมละเอียดมีค่าเกินกว่า 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในขณะที่การแทนที่ร้อยละ 70 จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

Shyh-Yau Wang and C. Vipulanandan (1995) ได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากทรายไส้แบบในด้านวิศวกรรมโยธา พบว่าทรายไส้แบบประกอบด้วยทรายซิลิกา ดินและสารผสมเพิ่ม และจากการทดสอบการชะล้าง (Leachate) ทำให้ทราบว่าทรายไส้แบบเป็นวัสดุที่ไม่มีอันตราย นอกจากนี้การแทนที่ทรายไส้แบบในลักษณะการเพิ่ม (Adding) ในปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 6 จะทำให้กำลังรับแรงเพิ่มขึ้นมากกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

Sung-ro Cho and C. Vipulanandan (1995) ได้นำทรายไส้แบบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการหล่อโลหะมาประยุกต์ใช้ในงานทางและได้ทำการทดสอบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องอันประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพ ทางกลของทรายไส้แบบ รวมทั้งความสามารถในการไหลเป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าทรายดังกล่าวสามารถนำมาใช้แทนที่ทั้งในปูนซีเมนต์และทรายธรรมชาติได้

U.S Department of Transportation (2003) ได้สรุปข้อมูลการใช้ประโยชน์ของทรายไส้แบบในงานทางด้านวิศวกรรมโยธาดังต่อไปนี้

1. นิยามของทรายไส้แบบ (Foundry Sand) คือ ทรายซิลิกาที่มีคุณภาพสูงซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตทั้งที่โลหะและอโลหะ โดยคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่เป็นไปตามชนิดของกระบวนการหล่อ

2. ชนิดของทรายไส้แบบในทางปฏิบัติจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 Green Sand ประกอบด้วยซิลิการ้อยละ 85 ถึง 89 ดินร้อยละ 1 ถึง 12 และสารผสมเพิ่มประเภทคาร์บอนีร้อยละ 2 ถึง 10 โดยปกติจะนำมาทำเป็นแบบหล่อ เนื่องจากทรายชนิดนี้มีความต้านทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ในบางชนิดของการหล่อจะมีเพิ่มองค์ประกอบประเภทแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) โพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) และไทเทเนียมออกไซด์ (TiO₂)

2.2 Chemical bonded sand ประกอบด้วยซิลิการ้อยละ 93 ถึง 99 และมีสารเชื่อมประสานอีกร้อยละ 1 ถึง 3 โดยทรายซิลิกาจะผสมรวมกับสารเคมีประเภทตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการแข็งตัวในช่วงต้นได้ดี

3. การใช้ประโยชน์และข้อกำหนดในการนำทรายไส้แบบมาใช้ในการผลิตคอนกรีต

3.1 ขนาดคละ (Gradation) ของอนุภาค โดยพบว่ามวลรวมละเอียดที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบคอนกรีตจะต้องมีขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 33 (Standard Specification for Concrete Aggregates) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งโดยทั่วไปทรายไส้แบบจะมีความละเอียดมากทำให้จำนวนทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 30, 50 และ 100 มีปริมาณมาก ดังนั้นการ

ใช้งานควรที่ทดสอบผงฝุ่นทรายใส่แบบที่ทำให้ขนาดกะของมวลรวมละเอียดไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด นอกจากนั้นในมาตรฐานได้กำหนดค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) ของมวลรวมละเอียดจะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 2.3 ถึง 3.1

3.2 ปริมาณฝุ่น (Dust Content) ซึ่งจากมาตรฐาน ASTM C 33 ได้กำหนดปริมาณฝุ่นที่ยอมได้ในมวลรวมละเอียดในรูปของปริมาณที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องไม่เกินร้อยละ 5

3.3 ความหนาแน่น (Density) ตามมาตรฐาน ASTM C 33 สำหรับมวลรวมละเอียดจะต้องมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.20 ถึง 1.76 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4. สำหรับการนำทรายใส่แบบประเภท Green Sand ซึ่งมีสีดามาใช้แทนที่ในมวลรวมละเอียดนั้น โดยปกติจะมีสัดส่วนการแทนที่ไม่เกินร้อยละ 15 อันเนื่องมาจากจะมีผลต่อสีของคอนกรีต

ตารางที่ 2.2

ข้อกำหนดของขนาดกะของมวลรวมละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C 33

เบอร์ตะแกรง	ขนาดของตะแกรง (มิลลิเมตร)	ร้อยละผ่านสะสม (โดยน้ำหนัก)
4	4.75	95 – 100
8	2.36	80 – 100
16	1.18	50 – 85
30	0.600	25 – 60
50	0.300	10 – 30
100	0.150	2 – 10