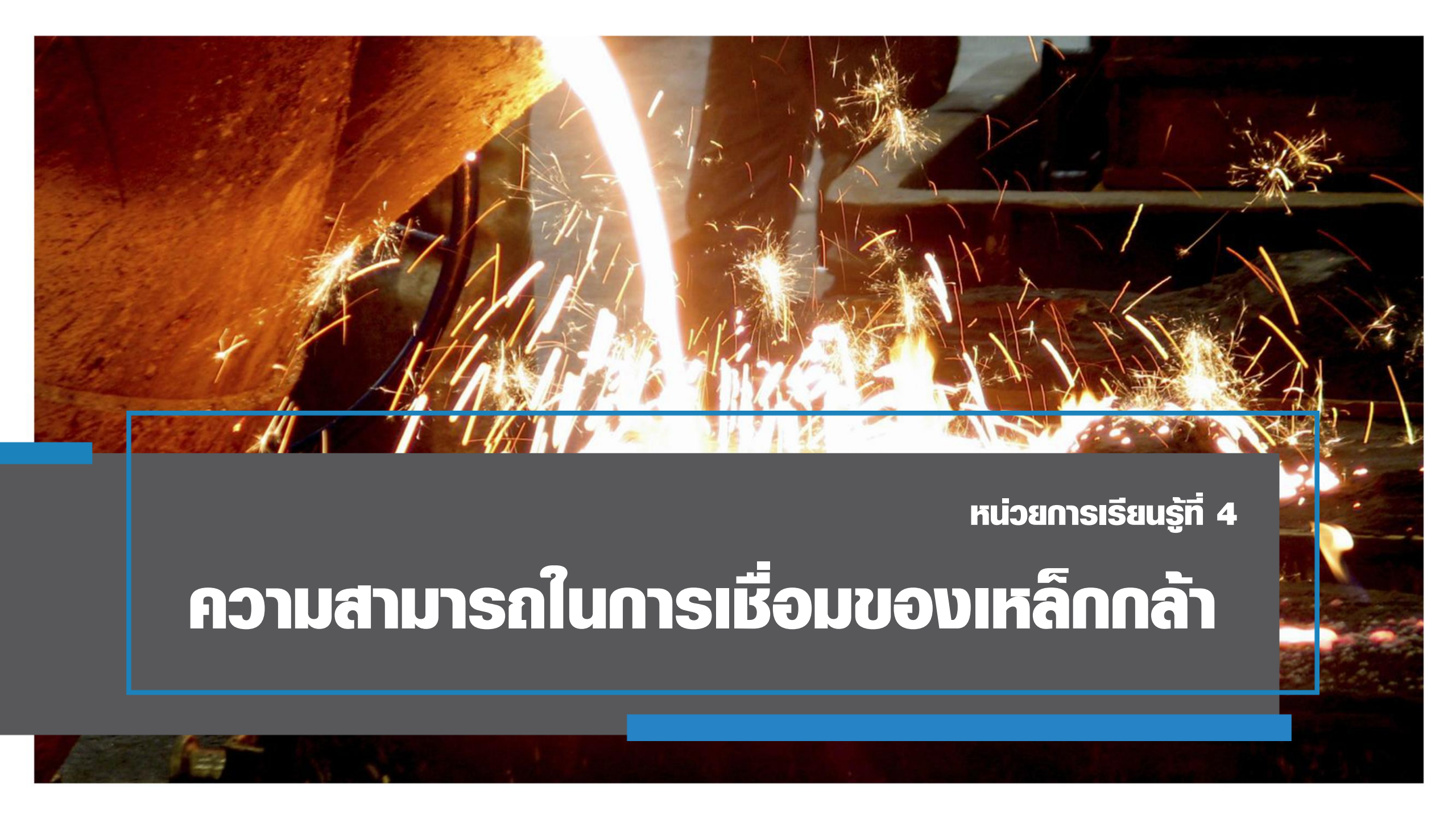




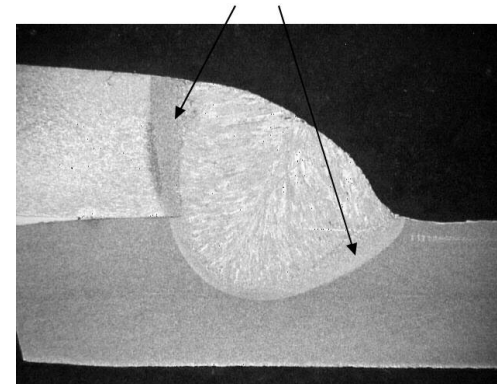
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้า

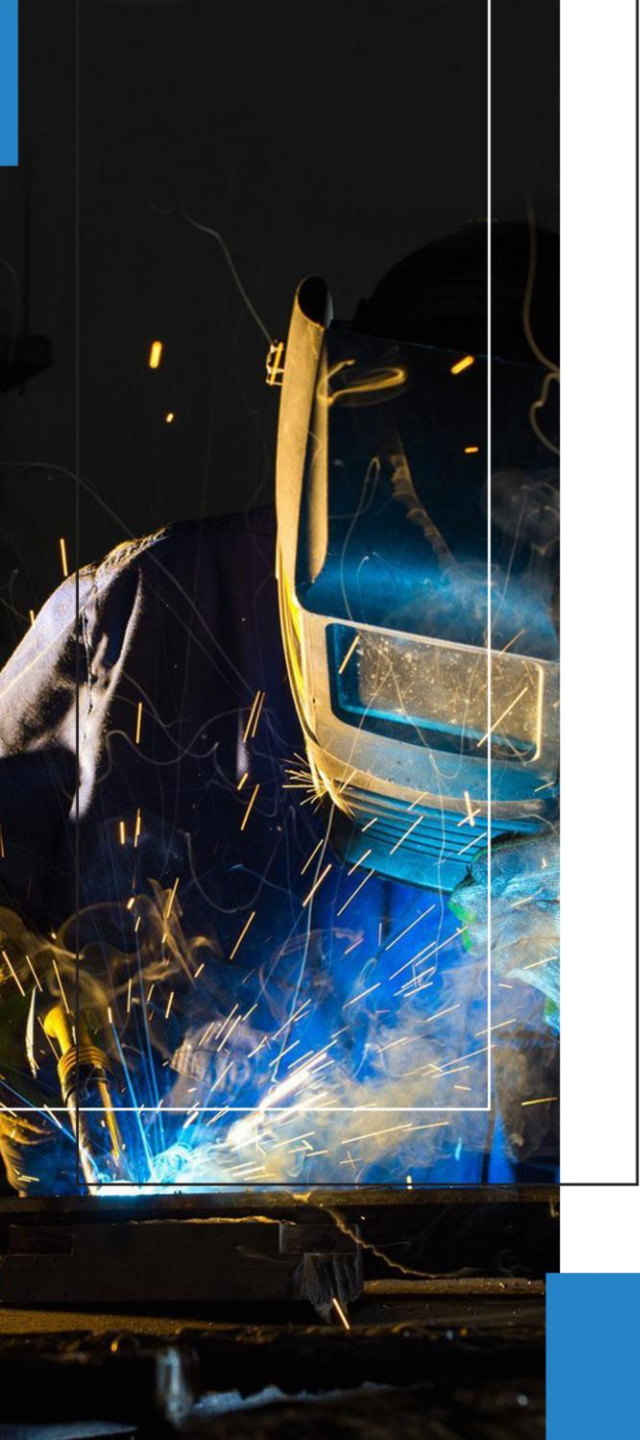
อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่นำมาผสมในเหล็กกล้า

1. คาร์บอน (C) เป็นธาตุที่สำคัญในการช่วยเพิ่มความแข็งแรงแก่เหล็กกล้า เมื่อมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่สูงขึ้นเหล็กกล้าจะมีความสามารถในการชุบแข็งและความต้านทานต่อแรงดึงจะสูงขึ้นแต่ความเหนียวและความสามารถในการเชื่อมจะลดลงเมื่อทำการเชื่อมเหล็กกล้าที่มีปริมาณ คาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.25% และทำให้เย็นตัว อย่างรวดเร็วบริเวณใกล้เคียงกับรอยเชื่อมหรือ เรียกว่าบริเวณกระทบร้อน (Heat Affect Zone : HAZ) จะมีความแข็งและเปราะหรือถ้าบริเวณบ่อหลอมเหลวได้รับคาร์บอนในปริมาณมากในขณะที่ทำการเชื่อม รอยเชื่อมอาจจะมีความแข็งแรงมากกว่าปกติ

บริเวณกระทบร้อน



แสดงลักษณะบริเวณกระทบ

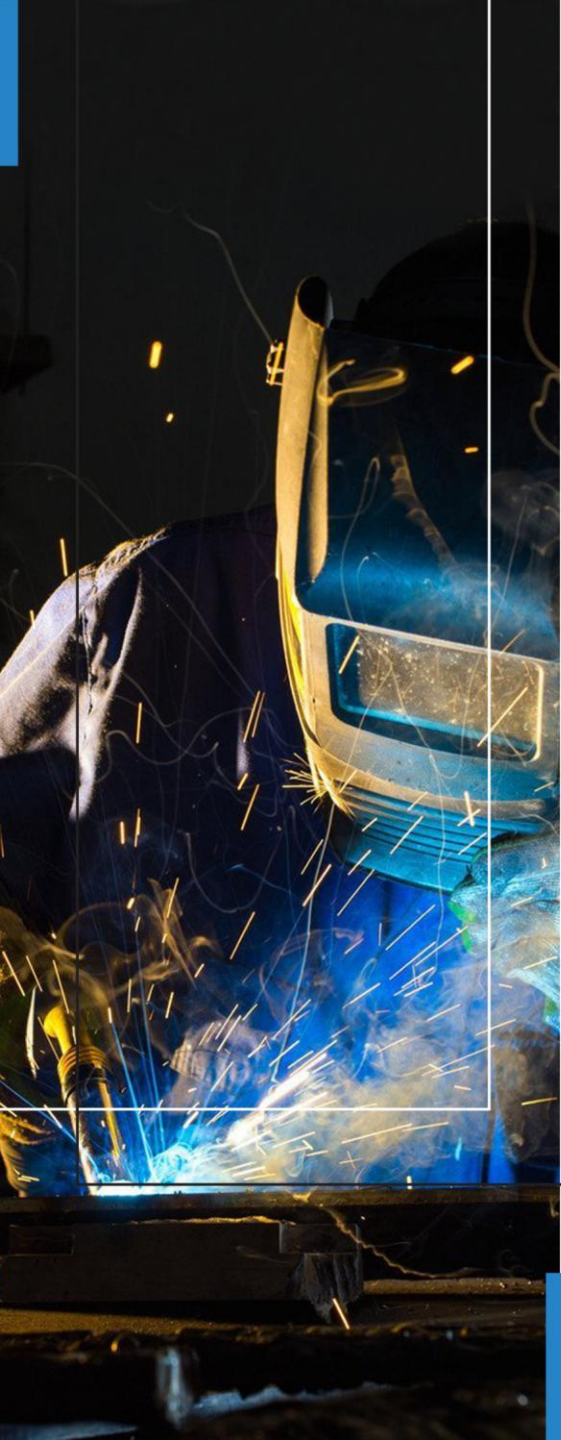


อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่นำมาผสมในเหล็กกล้า

2. แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่ช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งและความแข็งแต่จะมีผลน้อยกว่าธาตุคาร์บอน สมบัติของเหล็กกล้าที่มีธาตุแมงกานีสผสมอยู่ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอน ถ้าแมงกานีสน้อยกว่า 0.30% อาจทำให้เกิดตามด และรอยร้าวภายในรอยเชื่อมและถ้ามีแมงกานีส มากกว่า 0.80% รอยเชื่อมอาจจะมีโอกาสเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเช่นเดียวกัน

โดยทั่วไปแล้วแมงกานีสจะเป็นธาตุที่ช่วยเร่งอัตราการแทรกซึมของคาร์บอน ขณะที่ทำการอบเติมคาร์บอน และมีผลดีต่อการตกแตงผิวสำเร็จ

ส่วนผสมของแมงกานีสต่อกำมะถันในอัตราส่วน 10 : 1 จะทำให้เหล็กกล้ามีความสามารถในการเชื่อมที่ดี ถ้าเหล็กกล้ามีแมงกานีสและคาร์บอนต่ำ แสดงว่าการลดปริมาณออกซิเจนกระทำไม่เหมาะสม แมงกานีสในเหล็กกล้าจะรวมตัวกับกำมะถันซึ่งจะไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม ถ้าเหล็กมีอัตราส่วนต่ำ จะทำให้รอยเชื่อมแตกร้าวได้ง่ายขณะที่รอยเชื่อมยังร้อนอยู่



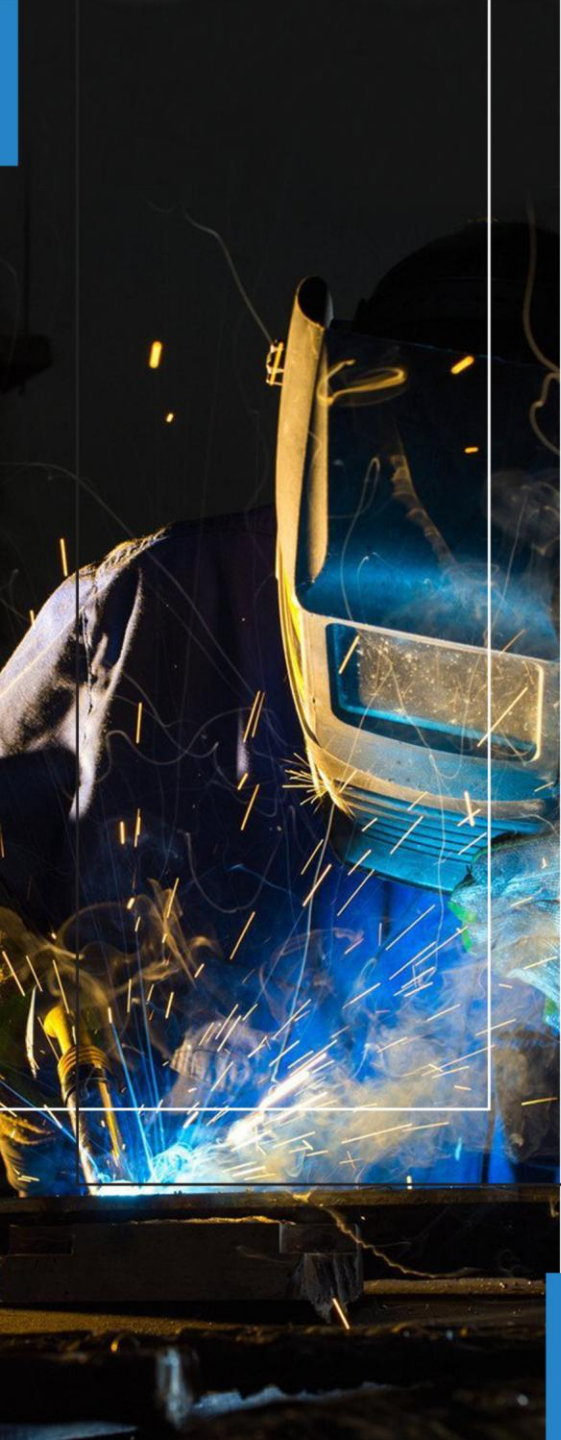
อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่นำมาผสมในเหล็กกล้า

3. กำมะถัน (S) กำมะถันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดแต่งของเหล็กกล้า แต่จะไปลดความอ่อนในแนวขวางความต้านทานต่อแรงกระแทกและความสามารถในการเชื่อมกำมะถันจะทำให้รอยเชื่อมเกิดแตกร้าวได้ง่ายในขณะร้อน (Hot-Short) แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม และมีโอกาสที่จะเกิดมากขึ้นถ้ามีปริมาณกำมะถันสูงขึ้น ปกติแล้วจะให้มีกำมะถันได้ไม่เกิน 0.35% แต่ต้องมีแมงกานีสเพียงพอด้วยถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหารุนแรง เป็นอันตรายต่อคุณภาพ ผิวของเหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าแมงกานีสต่ำ

เหล็กกล้าที่มีกำมะถันผสมอยู่จะมีความสามารถในการเชื่อมไม่ดี เพราะกำมะถันจะรวมตัวกับเหล็กกลายเป็นฟิล์มซึ่งทำให้เกิดรอยแตกร้าวและรอยตำหนิอื่น ๆ ตามบริเวณแนวหลอมเหลว ของการอาร์ก

4. ฟอสฟอรัส (P) จะมีผลทำให้เหล็กกล้ามีความแข็งและความแข็งแรงสูงขึ้น แต่ความต้านทาน ต่อแรงกระแทกจะลดลง โดยเฉพาะในเหล็กกล้าเกรดคาร์บอนสูงในเหล็กกล้าเกรดคาร์บอนต่ำ ฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดแต่งและความต้านทานต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศ ได้ดี

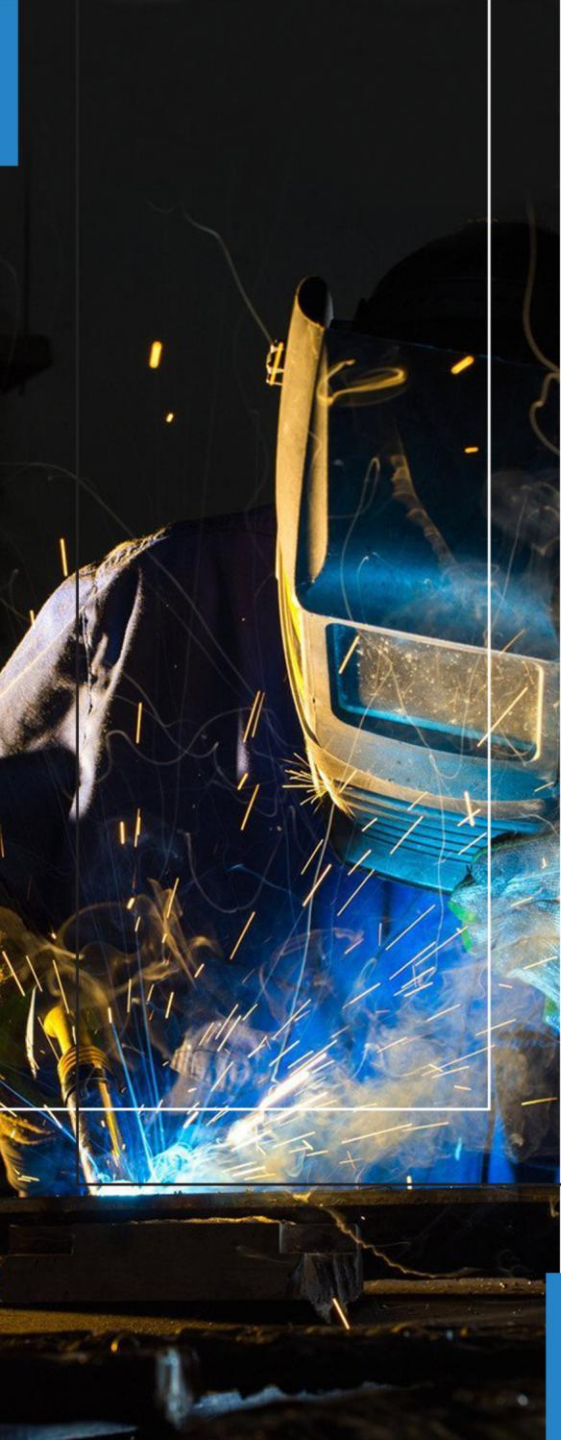
เมื่อพิจารณาในด้านของงานเชื่อมจะถือว่าฟอสฟอรัสจะเป็นสารมลทินจึงต้องพยายามควบคุมให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ถ้ามีมากกว่า 0.04% จะทำให้รอยเชื่อมเปราะและแตกร้าวได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ฟอสฟอรัสทำให้การไหลของน้ำโลหะดีขึ้น จึงทำให้การควบคุมการเชื่อมได้ยาก



อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่นำมาผสมในเหล็กกล้า

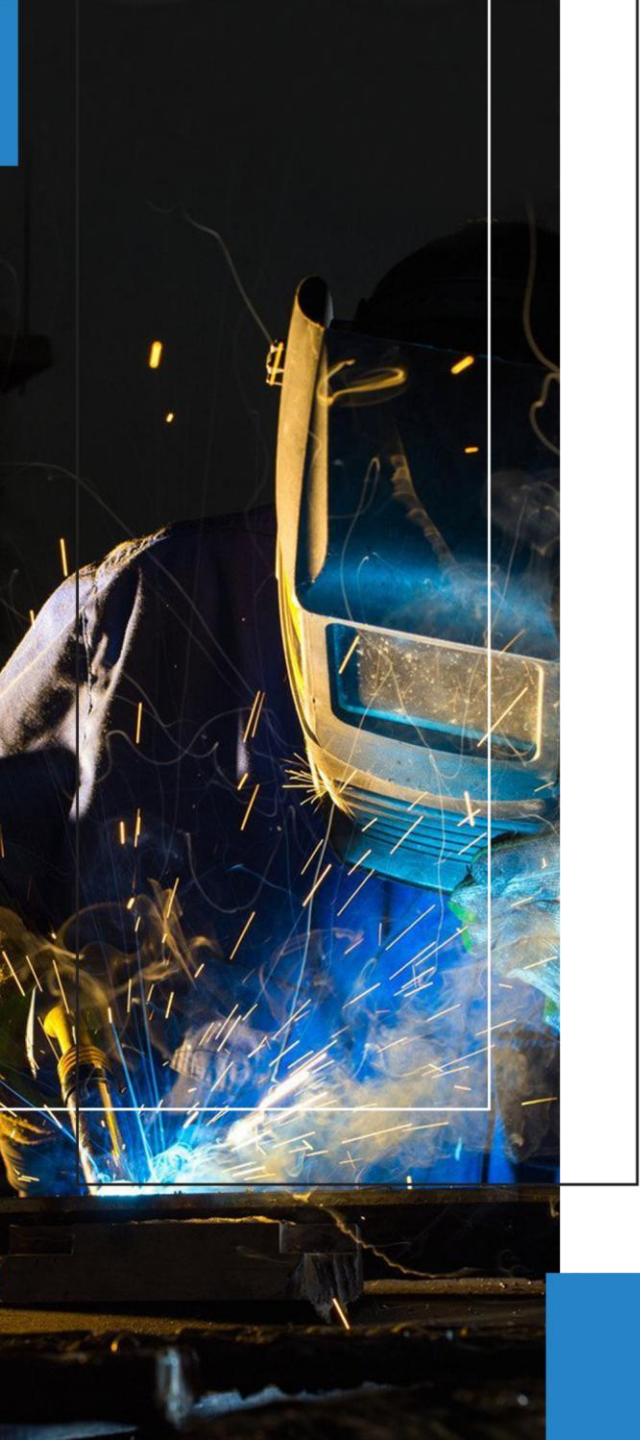
5. ซิลิคอน (Si) เป็นธาตุที่ช่วยลดออกซิเจนในเหล็กกล้าซึ่งจะเติมลงไปในขณะที่ทำการผลิตเหล็กกล้าและยังช่วยเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงแต่จะให้ผลน้อยกว่าธาตุแมงกานีส ถ้าเหล็กกล้ามีคาร์บอนค่อนข้างสูงซิลิคอนจะมีโอกาสทำให้เหล็กแตกร้าวได้ง่ายขึ้น เหล็กกล้าที่มีความสามารถในการเชื่อมที่ดีต้องมีซิลิคอนไม่เกิน 0.10% แต่ถ้าสูงถึง 0.30% จะมีผลเสียน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการมีกำมะถันหรือฟอสฟอรัสสูง

6. ทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่มีสมบัติปรับปรุงความต้านทานการกัดกร่อนจากบรรยากาศ ถ้าเติมทองแดงจนถึง 0.50% จะไม่มีผลต่อความสามารถในการเชื่อมแต่ถ้ามีเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อความสามารถในการตีประสานแต่ถ้าเป็นเหล็กกล้าที่ต้องผ่านการอบชุบ หากมีทองแดงมากกว่า 0.50% จะทำให้สมบัติเชิงกลลดลง



ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

การแบ่งชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนโดยทั่วไปจะแบ่งตามปริมาณของคาร์บอนที่ผสม ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีคาร์บอนไม่เกิน 0.30% เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอนระหว่าง 0.30 - 0.45 % และเหล็กกล้าคาร์บอนสูงมีคาร์บอนมากกว่า 0.45% เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจะแบ่งเป็น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมากมีคาร์บอนไม่เกิน 0.15% และเหล็กกล้าละมุน มีคาร์บอน 0.15 - 0.30% ส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอนตามมาตรฐานSAE ดังแสดงในตาราง



ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

Ladle Chemical Composition ^{b,c} Limits, %					SAE	Ladle Chemical Composition ^{b,c} Limits, %			
No.	C	Mn	P _{max}	S _{max}	No.	C	Mn	P _{max}	S _{max}
1006	0.08 max	0.25-0.45	0.040	0.050	1040	0.36-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050	1041	0.36-0.45	1.30-1.65	0.040	0.050
1009	0.15 max	0.60 max	0.040	0.050	1042	0.39-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	1043	0.39-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	-	-	-	-	-
1015	0.12-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	1045	0.42-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
1016	0.12-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	1046	0.42-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050
1017	0.14-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	-	-	-	-	-
1018	0.14-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050	1048	0.43-0.52	1.05-1.40	0.040	0.050
1019	0.14-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050	1049	0.45-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
1020	0.17-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050	1050	0.47-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
1021	0.17-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050	1052	0.46-0.55	1.20-1.55	0.040	0.050
1022	0.17-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050	1055	0.52-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
1023	0.19-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050	1060	0.55-0.66	0.60-0.90	0.040	0.050
1024	0.18-0.25	1.30-1.65	0.040	0.050	1064	0.59-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	1065	0.59-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050	1070	0.65-0.76	0.60-0.90	0.040	0.050
1027	0.22-0.29	1.20-1.55	0.040	0.050	1074	0.69-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
1030	0.27-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	1078	0.72-0.86	0.30-0.60	0.040	0.050
1033	0.29-0.36	0.70-1.00	0.040	0.050	1080	0.74-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
1035	0.31-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	1084	0.80-0.94	0.60-0.90	0.040	0.050
1036	0.30-0.38	1.20-1.55	0.040	0.050	1085	0.80-0.94	0.70-1.00	0.040	0.050
1037	0.31-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050	1086	0.80-0.94	0.30-0.50	0.040	0.050
1038	0.34-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050	1090	0.84-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
1039	0.36-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050	1095	0.90-1.04	0.30-0.50	0.	

แสดงส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน ตามมาตรฐาน SAE

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

1. ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจะมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.30% ซึ่งจะมีความสามารถในการเชื่อมไฟฟ้าที่ดีนิยมนำมาใช้ในการงานโครงสร้างทั่วไปภาชนะ ฐานเครื่องจักรเครื่องกลการเกษตร และงานเชื่อมทั่วไป

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีคาร์บอนประมาณ 0.13% สามารถใช้ในงานเชื่อมได้ดีแต่จะเชื่อมได้ ไม่ดีนักเมื่อเชื่อมด้วยความเร็วสูงเหล็กกล้าชนิดนี้เมื่อมีแมงกานีสไม่เกิน 0.30% จะมีโอกาสเกิดรูพรุนได้ง่ายซึ่งวิธีการแก้ไขอาจทำได้โดยการเชื่อมให้ช้าลงกว่าเดิม แต่ถ้ายอมให้เกิดรูพรุนอยู่บ้าง ก็ไม่ต้องลดความเร็วในการเชื่อมก็ได้

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.15-0.20 % จะมีความสามารถในการเชื่อมที่ดีมาก สามารถเชื่อมตามวิธีมาตรฐานโดยทั่วไปได้ด้วยลวดเชื่อมเหล็กเหนียวทุกชนิดจึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการความรวดเร็วในการเชื่อม

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.25-0.30% จะมีความสามารถในการเชื่อมที่ดี แต่ถ้ามีธาตุผสมบางตัวสูงเกินค่าที่จำกัดอาจทำให้งานเชื่อมแตกร้าวได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเชื่อมแบบฟิลเลท(Fillet) ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยการลดความเร็วและกระแสไฟเชื่อม หรือถ้ามีธาตุผสมมากเกินไปจะมีโอกาสเกิดโพรงอากาศได้ง่ายซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการลดความเร็ว และกระแสไฟเชื่อมลงได้เช่นเดียวกัน

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำนี้โดยทั่วไปแล้วไม่ต้องให้ความร้อนก่อนการเชื่อม (Preheat) แต่ถ้าชิ้นงานมีความหนาตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไปควรอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม แต่ถ้าเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีไฮโดรเจนต่ำอาจจะไม่ต้องทำการอุ่นชิ้นงานก็ได้ โดยทั่วไปแล้วเหล็กกล้าที่มีคาร์บอน ผสมอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.30% ควรใช้ลวดเชื่อมชนิดไฮโดรเจนต่ำ (EXXX5, EXXX6, EXXX8) หรือกระบวนการเชื่อมแบบไฮโดรเจนต่ำถ้าอุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่า 10 °C ลักษณะงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ดังแสดงในรูป



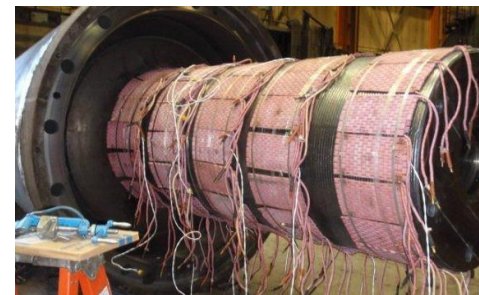
แสดงลักษณะงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

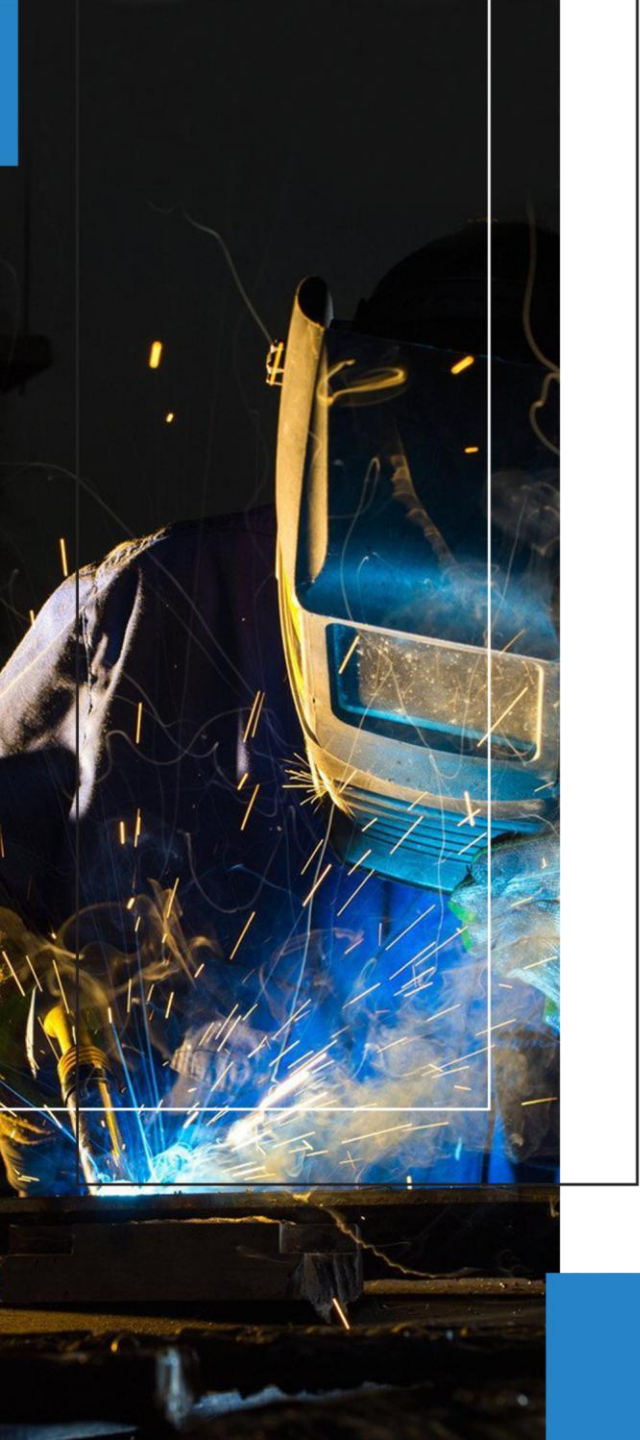
2. ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและเหล็กกล้าคาร์บอนสูง

โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการชุบแข็งของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเหล็กกล้ามีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น ดังนั้นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและคาร์บอนสูงจึงเหมาะกับการใช้งานที่ความแข็ง ความต้านทานต่อการสึกหรอดี และความแข็งแรงสูง เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (มีคาร์บอนประมาณ 0.45%) จะนิยมใช้ทำแผ่นกันสึก สปริงและชิ้นส่วนรถไฟ อุปกรณ์และ เครื่องมือการขุดและตักดิน แต่เหล็กกล้าชนิดนี้จะมีสมบัติในด้านการเชื่อมไม่ดีคือจะเชื่อมยากนั่นเอง การเชื่อมต้องให้ความร้อนก่อนที่จะทำ และในบางครั้งหลังจากการเชื่อมต้องอุ่นงาน อีกครั้งเพื่อคลายความเค้นที่อยู่ภายในชิ้นงานลง

เหล็กกล้าคาร์บอนสูงจะเหมาะกับงานในสภาพอบชุบแข็ง เช่น นำไปใช้ทำเครื่องมืองานโลหะ และงานไม้ดอกสว่าน แม่พิมพ์ มีด ฆาตไถ และเหล็กกันสีกเป็นต้น อุปกรณ์ทำฟาร์มบางชนิดจะทำจากเหล็กทรงรถไฟนำไปรีดใหม่ (มีคาร์บอน 0.65%) โดยการเชื่อมในสภาพที่หลังรีดต้องอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม อุ่นรอยเชื่อมเดิมก่อนเชื่อมทับลงไป (Interpart Heating) และอุ่นงานหลังจากการเชื่อม (Postheat) เพื่อคลายความเค้นภายใน



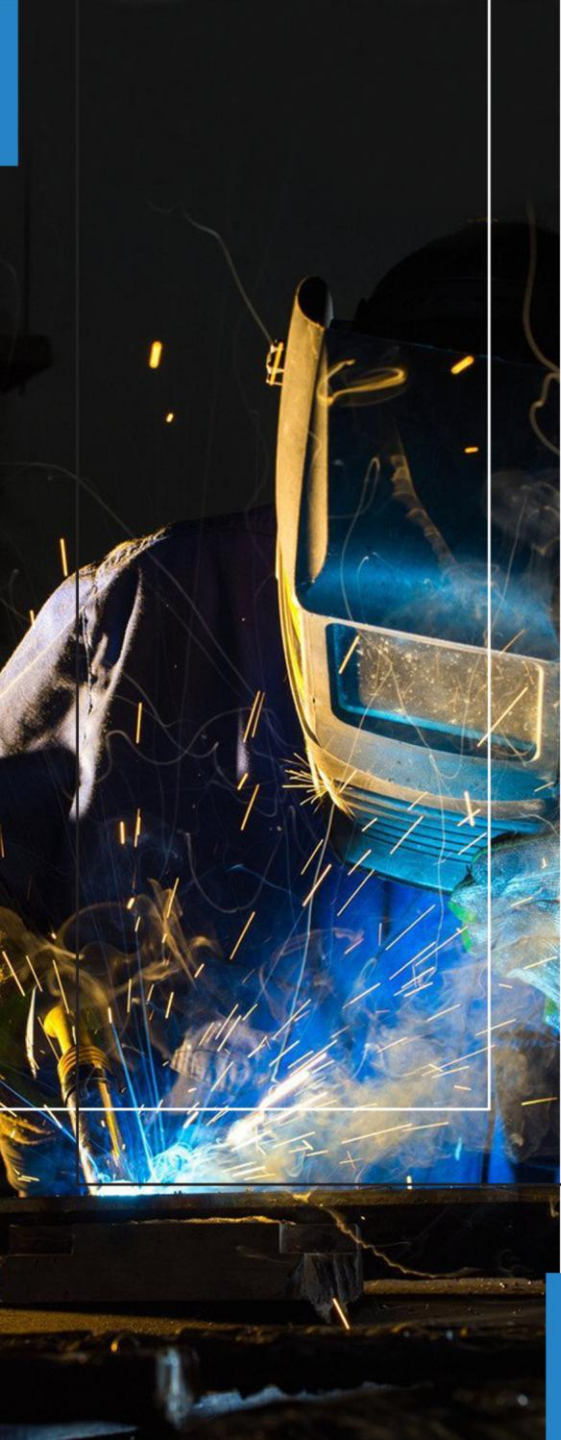
แสดงลักษณะการให้ความร้อนหลังการเชื่อม



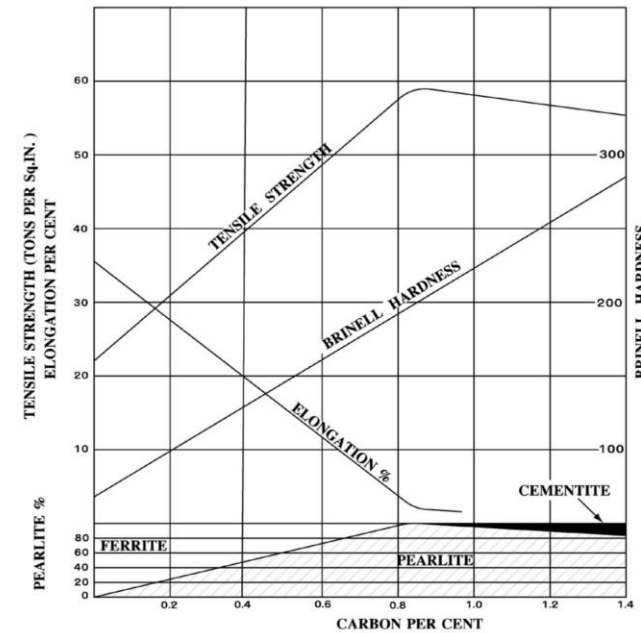
ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.30% ขึ้นไปควรจะทดลองเชื่อมงานก่อนที่จะเชื่อมงานจริง เพื่อหาแนวโน้มของงานที่จะแตกร้าว ถ้างานมีโอกาสจะแตกร้าวได้ง่ายควรอุ่นงานก่อนและหลังจากการเชื่อมแล้วอุณหภูมิที่ใช้สำหรับอุ่นงานของเหล็กแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสม ขนาด รูปร่างชิ้นงานและปริมาณความร้อนที่ได้จากการเชื่อม ถ้าปริมาณคาร์บอนและธาตุผสมสูง และชิ้นงานหนา ควรใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้งานเย็นตัวช้ากว่าปกติ แต่ถ้าเชื่อมด้วยกระบวนการ ไฮโดรเจนต่ำสามารถใช้อุณหภูมิอุ่นงานต่ำกว่าปกติ สำหรับงานเชื่อมที่บางกว่าเบอร์ 14 ไม่จำเป็นต้องอุ่นงาน โดยทั่วไปแล้วถ้าเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิดไฮโดรเจนต่ำ ให้อุ่นงานให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติประมาณ $40 - 80^{\circ}\text{C}$

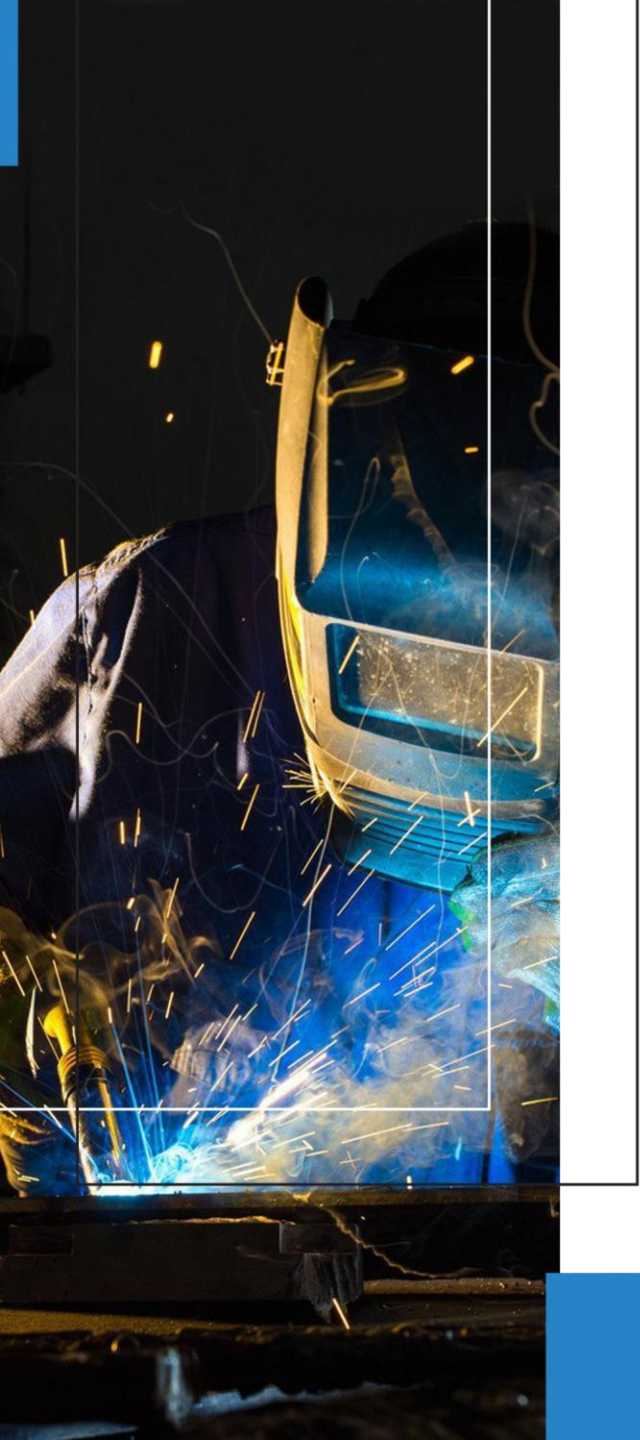
ปริมาณของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเหล็กกล้าจะมีผลในด้านของความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อเหล็กมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 2% และจะมีความแข็งสูงสุดเมื่อเหล็กมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 0.83% แต่ถ้าเหล็กมีปริมาณคาร์บอนน้อยกว่าหรือมากกว่า 0.83% จะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง ส่วนสมบัติในด้านความเหนียวหรือความต้านทานแรงกระแทกจะลดลงไปเมื่อเหล็กมีปริมาณของคาร์บอนเพิ่มขึ้น



ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน



แสดงสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอน



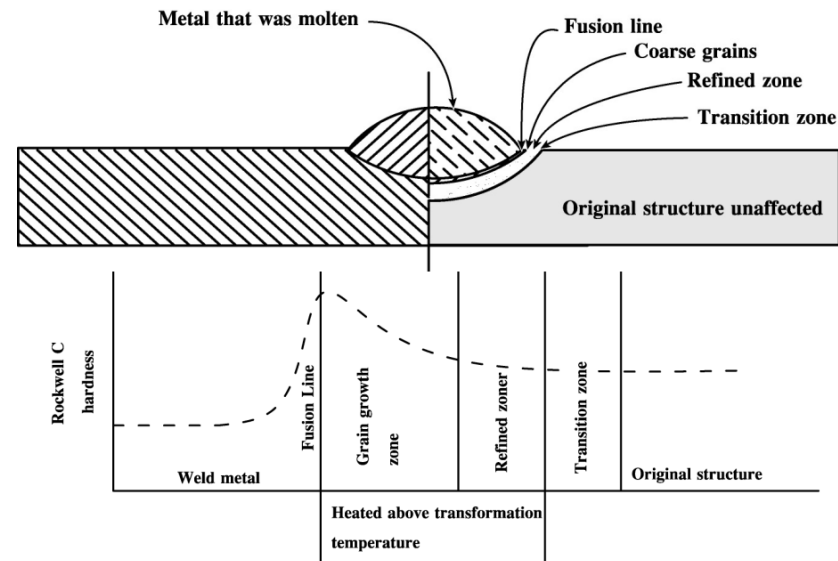
ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอนแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอน
แสดงการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอน

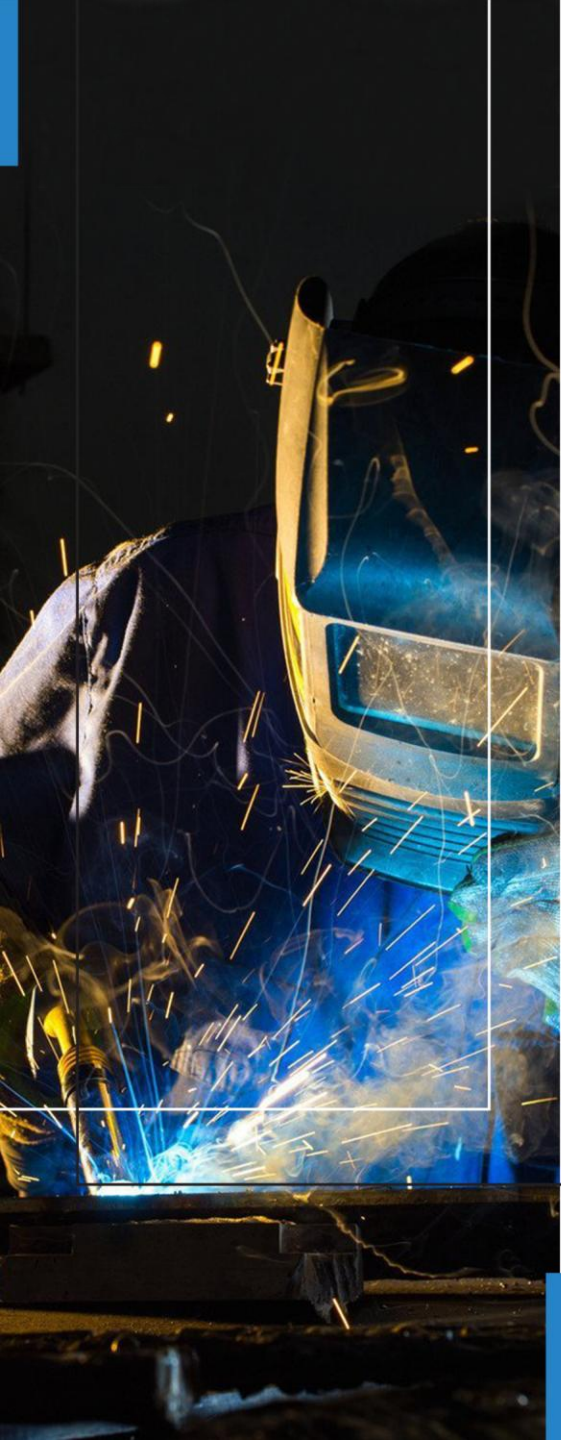
ชนิดเหล็กกล้า	ปริมาณคาร์บอน (%)	การใช้งาน
คาร์บอนต่ำ	0.02 – 0.10	ชิ้นส่วนเครื่องยนต์, วัสดุสำหรับชุบผิวแข็ง, งานก่อสร้าง, สลักเกลียวท่อ, หมุดย้ำ, ลวด, เหล็กแผ่น, โซ่, ตะปู
	0.20 – 0.30	เพลาลูกเบี้ยว, เฟือง, เหล็กก่อสร้าง, ข้อเหวี่ยง, ชะแลงลูกเบี้ยว
คาร์บอนปานกลาง	0.30 – 0.40	เพลลา, ชิ้นส่วนเครื่องจักร, แกน, สลักเกลียวที่ต้องชุบแข็ง
	0.40 – 0.50	เพลลา, สลักเกลียวใช้ในงานหนัก, เฟือง, ตีขึ้นรูป, เพลาข้อเหวี่ยง, เพลาลูกเบี้ยว
	0.50 – 0.60	ไขควง, เฟืองที่ชุบแข็งด้วยน้ำมัน
	0.60 – 0.70	แม่พิมพ์ตีขึ้นรูป, เหล็กเครื่องมือ, ประแจหกเหลี่ยม, ไขควง
คาร์บอนสูง	0.70 – 0.80	ประแจเลื่อน, ค้อน, เหล็กเครื่องมือ, เลื่อยสายพาน, ประแจปากตาย
	0.80 – 0.90	สิ่ว, เครื่องมือทางการเกษตร, สปริง, สก๊อตงานเย็น, เหล็กย้ำหมุด, ไขตัด, กรรไกรตัดหญ้า, สว่านเจาะหิน, สายลวดเครื่องดนตรี
	0.90 – 1.00	มีด, ขวาน, แหนบรถยนต์, สปริง
	1.00 – 1.10	ดอกตัด, มีดตัด, เครื่องทำสลักเกลียว, ลูกปืน, ดอกสว่าน
	1.10 – 1.20	เครื่องมือตัด, ดอกตัด, มีดตัด, สลักเกลียว, ลูกปืน, ดอกสว่าน
	1.20 – 1.30	ตะไบ, มีด, เครื่องมือตัดโลหะ
	1.30 – 1.40	มีดคว้าน, เครื่องวัด, ใบเลื่อย, เครื่องมือที่มีคม

โลหะวิทยาของรอยเชื่อม

ความร้อนจากการเชื่อมจะทำให้โครงสร้างของโลหะงานและโลหะเชื่อมเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งขณะเชื่อมและหลังจากงานเชื่อมเป็นตัวยาวแล้วขณะที่เกิดการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมและชิ้นงานจะมีอุณหภูมิประมาณ $1,649^{\circ}\text{C}$ หรือสูงกว่าและระยะห่างจากรอยเชื่อมเล็กน้อยจะมีอุณหภูมิประมาณ $1,500^{\circ}\text{C}$ เมื่อเหล็กร้อนขึ้นจนถึงอุณหภูมิวิกฤตโครงสร้างเกรน ความแข็งและความแข็งแรงของโลหะจะเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูป



แสดงผลของความร้อนจากการเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรง



โลหะวิทยาของรอยเชื่อม

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของรอยเชื่อม จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดที่งานได้รับ ระยะเวลาที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิดังกล่าว ส่วนผสมทางเคมีของโลหะและอัตราเย็นตัวหลังจากการเชื่อม องค์ประกอบสำคัญที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงนี้ ได้แก่ ปริมาณของความร้อนที่ให้แก่งานเชื่อมทั้งที่ใช้ในการอุ่นงานและขณะที่ทำการเชื่อมจริง

อัตราการเย็นตัวของงานเชื่อมจะมีผลกระทบต่อสมบัติทางขนาดของเกรน ถ้าอัตราการเย็นตัวเร็วจะทำให้เกิดความแข็งแรง แต่จะเปราะกว่าเมื่อมีอัตราการเย็นตัวช้าในกรณีของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ถ้าอัตราการเย็นตัวแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยก็จะมีผลกระทบต่อสมบัติเพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่ถ้ามีปริมาณคาร์บอนสูงหรือมีธาตุอื่นผสมอยู่ด้วยแม้ว่าจะมีอัตราการเย็นตัวต่างกันไปเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลกระทบต่อสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานแตกต่างกันอย่างชัดเจน

