

Hoogoven met cokes

maakte de weg vrij voor de gietijzeren Iron Bridge



De vijf boogconstructies van de Iron Bridge zijn opgebouwd uit drie concentrische ringen. Alleen de onderste ring is precies een halve cirkel, de andere twee zijn cirkelsegmenten (foto's: Reinold Tomberg)

Cokes als alternatief voor houtskool: medio september was het 300 jaar geleden dat de Engelsman Abraham Darby I als eerste in 'The Old Furnace' in Coalbrookdale ontgaste steenkool gebruikte bij de bereiding van ruwijzer. Het startschot voor de Industriële Revolutie. Zijn kleinzoon Abraham Darby III onderstreepte zijn baanbrekende werk met de bouw van de eerste ijzeren brug ter wereld: 'The Iron Bridge'. Reden voor Metaal Magazine om eens te neuzen in de Ironbridge Gorge in het Verenigd Koninkrijk.

's Werelds eerste, grote ijzeren brug is de Iron Bridge over de rivier de Severn vlakbij Coalbrookdale in West-Engeland. De Iron Bridge is een gietijzeren boogbrug, gegoten van ruwijzer. Het is een brug met een cirkelvormige bogen. De overspanning bedraagt 30,5 m en de hoogste doorgang onder de brug is 18 m. De totale bruglengte is 60 m. Sinds de jaren dertig van de vorige eeuw is de brug alleen nog toegankelijk voor voetgangers. De brug, het daarbij onstane dorp Iron Bridge en het rivierdal Ironbridge Gorge bij Coalbrookdale zijn opgenomen op de werelderfgoedlijst van Unesco. 'Birthplace of the Industrial Revolution' noemen de Engelsen dat gebied op de grens met Wales. Nu een mooi gebied om te bezoeken, maar enkele tientallen jaren geleden, nadat de steenkool- en ijzerwinning uitgeput waren, was het een verwoest maanlandschap. Ten tijde van de steenkoolwinning en ijzerbereiding werd Ironbridge Gorge gekarakteriseerd als 'de hel van Dante': een weerzinwekkende concentratie van vuur, rook, stank, stof en lawaai.

Boogconstructie

De Iron Bridge is een zuivere boogbrug, geheel gegoten van ruwijzer. Het rijked bestond oorspronkelijk uit gietijzeren platen die werden ondersteund door vijf boogconstructies. Anno 2009 zien we tijdens ons bezoek echter een geasfalteerd brugdek met een slijtagelaag van steenslag. Jammer, dat past helemaal niet bij dit indrukwekkende industriële monument.

Gelet op de zwaluwstaart- en wigverbindingen in de brug is de bouwtechnologie van de Iron Bridge afgeleid van de bruggenbouw met hout. Er zijn schroefboutverbindingen gebruikt om de halfribben bovenaan de boog aan elkaar te bevestigen. In de boogvorm is de traditionele bouwvorm van stenen boogbruggen goed te herkennen.

Gietwerk

In totaal werd voor de Iron Bridge 379 ton ruwijzer gebruikt. Er werden meer dan 800 onderdelen gegoten in twaalf verschillende basisvormen. De grootste onderdelen zijn de halfribben van elk 5,25 ton zwaar.

Het gietwerk is uitgevoerd bij wat nu heet 'The Old Furnace' in Coalbrookdale. Dit is een hoogoven uit 1550 waarvoor Abraham Darby I in 1708 een lease-overeenkomst tekende. Deze hoogoven is tot 1810 in gebruik geweest.

De onderdelen voor de brug werden direct vanuit de hoogoven in het zand van de gietvloer gegoten. Het ruwijzer uit de hoogoven heeft dus geen bewerkingen als hameren of walsen ondergaan en het ijzer is voor het gieten ook niet hersmolten in een andere oven. Dit betekent, dat de brugonderdelen gemaakt zijn van een gietijzer met een behoorlijk hoog koolstofgehalte en dat de brugcomponenten zeer bros zijn. Om die reden zijn er ook historici die beweren dat de brugdelen onmogelijk in Coalbrookdale gegoten kunnen zijn,

De concentrische ringen van de Iron Bridge zijn massief uitgevoerd en aan elkaar verbonden met radiaal gerichte gietijzeren staven die met zwaluwstaarten en wigverbindingen aan de drie bogen zijn bevestigd



omdat ze vanwege die hoge brosheid het transport naar het dal bij de rivier de Severn onmogelijk hadden kunnen overleven. In de visie van die mensen moet er een (tijdelijke?) hoogoven hebben gestaan in de buurt van de bouwplaats bij de rivier.

De eerste ijzeren brug in de wereld is ontworpen door de architect Thomas Pritchard in 1775 en Abraham Darby III begon met de bouw in 1775. Een bord bij de brug vertelt, dat de brug eigenlijk een advertentie was waarmee de ironmasters uit Coalbrookdale wilden laten zien wat mogelijk was met gietijzer.

De locatie van de eerste gietijzeren brug is bijna vanzelfsprekend: Coalbrookdale was een centrum van de ijzervervaardiging. Kolen waren beschikbaar in dagbouw. Het ijzererts en de toeslagstoffen voor de hoogoven werden gewonnen in de heuvels rondom Coalbrookdale en de rivier de Severn leverde de waterkracht voor de aandrijving van de blaasbalgen voor de hoogovens.

Financieel gezien was de bouw van de Iron Bridge geen succes voor Abraham Darby III. De begroting voor de brug

was destijds in de achttiende eeuw 3200 Engelse ponden. De uiteindelijke kosten bedroegen meer dan 6000 pond. De familie Darby kwam daardoor in financiële moeilijkheden. De bouwers van bijvoorbeeld de Noord/Zuidlijn, om maar eens een dwarsstraat te noemen, hadden dus gewaarschuwd kunnen zijn.

Cokes

Hout en steen waren tot aan het begin van de industriële revolutie de klassieke materialen voor bruggenbouw maar ook voor ander constructiewerk in de machinebouw. Textiel-, hout- en metaalbewerkingsmachines bijvoorbeeld hadden ook frames van hout. Maar juist aan het begin van de Industriële Revolutie ontstond een enorme schaarste aan hout. Met name in de mijnbouw was veel hout nodig. ▶

Ruw- en gietijzer

Ruwijzer zoals gebruikt voor de Iron Bridge is het ijzer dat door middel van reductie bij een hoge temperatuur vrijgemaakt wordt uit ijzererts. Als we tegenwoordig praten over gietijzer, dan bedoelen we ruwijzer dat in een oven omgesmolten is. Dit ter verbetering van de eigenschappen. Ruwijzer is altijd grijs ijzer. Grijs verwijst naar de kleur van het breukvlak. De koolstof is in de vorm van grafiet aanwezig. Dit in tegenstelling tot wit gietijzer waarbij alle koolstof in gebonden toestand aanwezig is. Ijzer in zuivere vorm wordt voor constructies niet gebruikt. Er zijn altijd andere elementen opgenomen, waarvan koolstof het belangrijkste element is. De grondstof voor ijzer, en ook voor staal, is ijzererts. De winning van ijzer uit ijzererts berust op het vermogen van koolstof om bij hoge temperaturen het ijzeroxide te reduceren. In ertsen komt ijzer meestal als Fe³⁺ voor, doorgaans als oxide of carbonaat. In hoogovens wordt koolstof als reductor toegevoegd waardoor het metaal ijzer ontstaat. In deze ovens wordt cokes gebruikt. Erts, cokes en een toeslag vormen samen de lading van een hoogoven. Ruwijzer is het product van een hoogoven.



Het gietwerk voor de Iron Bridge is uitgevoerd bij 'The Old Furnace' in Coalbrookdale. Zichtbaar is de opening voor de blaasbalg van deze hoogoven



Het is opmerkelijk dat de Iron Bridge, na ruim 200 jaar nog in goede staat is. Het oude gietijzer is kennelijk goed bestand tegen corrosie

► In de vorm van houtskool werd hout ook gebruikt voor de bereiding van ijzer uit ijzererts. Het maken van houtskool is echter een tijdrovend proces en je kunt een gebied maar één keer ontbossen. Toen de vraag naar ijzer steeg, werden innovatieve procédés voor het maken van ijzer ontwikkeld. Een belangrijke mijlpaal was het gebruik van cokes. Dit maakte het mogelijk om de productie van ruwijzer groot aan te pakken. Het ijzerbedrijf van de familie Darby dichtbij de grens met Wales, was het eerste bedrijf dat cokes inzette voor het smelten van ijzererts. Cokes bevat de koolstof die nodig is voor de reductie van het ijzererts. In 1709, om precies te zijn 300 jaar geleden op 17 september 2009, lukte het Abraham Darby I voor het eerst om ruwijzer te winnen met alleen cokes. Het werd toen mogelijk om gietijzer in grote hoeveelheden te produceren en daardoor kwam het beschikbaar voor grote metalen



De Iron Bridge was klaar was in 1779 en werd geopend op nieuwjaarsdag 1781

Fotoreportage

Op onze site www.metaalmagazine.nl is in de sectie 'Foto' (linkernavigatie) een fotoreportage opgenomen van ons bezoek aan de Ironbridge Gorge (UK).

Gietijzeren boogbruggen zoals de Iron Bridge nemen de belasting op door middel van drukkrachten

constructies als bruggen. Al eerder in 1707 verkreef Abraham Darby I een patent voor het gieten van grote, gietijzeren kookpotten. Doorslaggevend voor zijn succes waren zandgiettechnieken die hij ontleend had aan het messinggieten, de financiële faciliteiten die de Quakers hem boden en het gebruik van cokes in zijn hoogoven. Cokes, ook wel kooks genoemd, is het eindproduct van thermolyse (pyrolyse oftewel droge destillatie) van steenkolen bij temperaturen tussen de 900 °C en 1100 °C. Behalve de reductiefunctie dient cokes ook als dragermateriaal in een hoogoven. Het gebruik van cokes maakt het ook mogelijk om hoogovens hoger te bouwen; de draagkracht van cokes is veel hoger dan die van houtskool. De derde functie is het doorlaatbaar houden van de lading van de hoogoven, zodat de blaaswind door de hoogoven kan stromen zonder groot drukverschil.

Drukkrachten

Gietijzer is een constructiemateriaal dat goed drukkrachten kan opnemen, maar minder geschikt is voor het opnemen van trekkrachten. Dit geldt zeker voor de brosse ruwijzer dat gebruikt is voor de constructie van de Iron Bridge. Bij gietijzeren boogbruggen zoals de Iron Bridge vindt het krachtenspel in de brugconstructie plaats door middel van drukbelastingen. Om die reden vertonen de eerste gietijzeren boogbruggen ook zoveel overeenkomsten met de klassieke stenen en houten boogvormige bruggen. Probleem dat bij gietijzeren boogbruggen kan optreden, is dat de drukspanning in de boog niet hoog genoeg is om te voorkomen dat er trekspanningen ontstaan. Dit als gevolg van de optredende buigwerking door de belasting. Deze trekspanningen kunnen resulteren in scheurvorming. Dit heeft alles te maken met de structuur van het ruwijzer (dit geldt ook voor grijs gietijzer). De koolstof in het ijzer is opgenomen in de vorm van grafiet, veelal in de vorm van grafietlamellen. Bij belasting op trek is het grafiet te beschouwen als een (micro)scheurtje: het grafiet kan geen trekkrachten opnemen. Grafiet bestaat atomaire



gezien uit lagen die gemakkelijk van elkaar af kunnen schuiven. Reeds bij kleine belastingen gaan deze scheurtjes openstaan en treedt in eerste instantie een grote elastische rek op. Door spanningsconcentraties resulteert dit vervolgens in scheuren. Dit is dan ook de reden om gietijzer zoals dat van de Iron Bridge alleen op druk te belasten. Overigens zijn in de Iron Bridge ook scheurtjes te vinden, maar dit zijn waarschijnlijk scheurtjes als gevolg van het gietproces. ■

Bronnen:

- Bruggen in Nederland, 1800 - 1840, Vaste bruggen van ijzer en staal, Nederlandse Bruggen Stichting
- Wikipedia
- Kennis der Metalen, Metalogie, deel I, prof. ir. P. Jongenburger

Eerste Nederlandse brug

Het boek 'Bruggen in Nederland' informeert dat de eerste ijzeren brug in Nederland vermoedelijk de Stokkenbrug over de Zalmhaven in Rotterdam was, een dubbele basculebrug. Deze kwam gereed in 1837, dus bijna zestig jaar na de Iron Bridge.

Nederlands IJzermuseum

Metaal Magazine maakte de reis naar de Ironbridge Gorge op uitnodiging van de gemeente Oude IJsselstreek. In Ulft, één van de kernen van Oude IJsselstreek, worden plannen uitgewerkt voor een Nederlands IJzermuseum op het voormalige terrein van ijzergietterij DRU. Deze maand is in Ulft het Cultuurcluster officieel geopend. Dit was oorspronkelijk het portiersgebouw van de DRU (zie ook ons vorig nummer, www.nederlandsijzermuseum.nl en www.dru-fabriek.nl).