



La rivoluzione chimica tra XVIII e XIX secolo

di Giorgio Nebbia

Nel 1929 Corrado Barbagallo pubblicava la sua storia della grande industria contemporanea (1) nella quale analizzava lo sviluppo industriale nel secolo dal 1750 al 1850.

La presente nota si propone di esaminare con maggiori dettagli lo sviluppo dell'industria chimica nella sua prima fase, una fase che rappresenta una vera rivoluzione (2) in quanto con l'industria chimica nel periodo 1750-1900 nasce, in realtà, la chimica moderna attraverso una fusione della scoperta scientifica e dell'applicazione commerciale della scoperta stessa. Talvolta lo stesso scienziato dava vita ad imprese per lo sfruttamento delle proprie scoperte scientifiche.

Dalla rivoluzione chimica sono derivate merci e procedimenti che hanno facilitato l'evoluzione anche di altri processi industriali (3)(4)(5).

Nella presente analisi si è cercata una interrelazione fra le varie scoperte partendo dall'idea che ciascuna ha determinato una reazione a catena dando vita a numerose altre attività industriali e a profonde modificazioni economiche e sociali (6). Si è cercato, cioè di presentare un'analisi delle relazioni fra evoluzione tecnologica e realtà sociale ed economia allo scopo di portare un contributo a quella che i Clow hanno chiamato la «tecnologia sociale» (6a).

Una nuova fonte di energia determina la meccanizzazione dell'industria tessile

Intorno alla metà del 1700, in seguito a vari avvenimenti culturali, politici ed economici, un'ondata di bisogni nuovi e quindi di merci nuove, si è presentata all'umanità.

La formazione in alcuni paesi, per esempio in Inghilterra, di una nuova società borghese e il diffondersi del benessere hanno portato ad una maggiore richiesta di quei beni che prima erano riservati soltanto a ceti ristretti. L'Inghilterra dovette questo alla potenza della sua flotta mercantile, alla disponibilità di carbone e all'antica tradizione mineraria di estrazione dello stagno in Cornovaglia, nonché al suo regime politico aperto alla circolazione e alla discussione delle nuove idee nate dalla curiosità per i problemi della natura.

È indubbio che centri di cultura e di interessi sperimentali come la Royal Society di Londra, fondata nel 1660, l'Académie Royale des Sciences di Parigi, fondata nel 1666, e la Lunar Society di Birmingham, fondata nel 1766, furono palestre per la circolazione di idee e invenzioni.

La prima merce richiesta da una società in evoluzione fu, come è naturale, una fonte di calore e la società in questo momento più evoluta come livello di benessere, quella inglese, trovò nel proprio sottosuolo questa ricchezza sotto forma di carbon fossile, la cui produzione passò da 210.000 tonnellate nel decennio 1551-1560 a 2 milioni di tonnellate nel decennio 1681-1690.

I problemi dell'industria mineraria e la disponibilità di questa fonte di energia



portarono gli inventori a costruire la prima macchina capace di trasformare l'energia termica in energia meccanica, cioè la macchina a vapore. L'energia meccanica era necessaria per rendere più efficiente il lavoro nelle miniere e in particolare per pompare l'acqua dai pozzi.

Noi siamo abituati a far coincidere l'inizio della rivoluzione industriale con l'invenzione della macchina a vapore, che fu brevettata nella sua forma più rudimentale da Thomas Savery (c. 1650-1715) nel 1698 e fu descritta nel 1702. Alcuni sostanziali perfezionamenti alla macchina di Savery furono dovuti a Thomas Newcomen (1663-1729) la cui prima macchina nota risale al 1712.

La disponibilità di una fonte di energia meccanica portò alla soluzione di un altro importante problema, sollecitato dalla richiesta di una società a più elevato livello di vita: la produzione di una maggiore quantità di tessuti a prezzo più basso.

I traffici marittimi con le nuove colonie rendevano disponibile in Inghilterra il cotone in rilevanti quantità: gli inventori costruirono delle macchine capaci di riprodurre il lavoro artigianale dei filatori e dei tessitori più rapidamente e meglio. Queste macchine tessili potevano essere azionate dal moto dell'acqua dei fiumi o con macchine a vapore.

La prima grande innovazione si ebbe con la invenzione della spoletta volante fatta da John Kay (1704-1780) nel 1733. Prima di tale data la spola era fatta passare a mano da un lato all'altro del tessuto; la spoletta volante, invece, come dice il nome, scorreva direttamente attraverso il tessuto, da una all'altra delle sue sedi poste ai lati del tessuto, mediante un dispositivo azionato da cordicelle che il tessitore teneva in una mano. Il suo uso richiedeva una notevole abilità, ma permetteva di tessere panni di maggior larghezza e addirittura di raddoppiare la produzione del tessitore. L'introduzione del dispositivo di Kay ebbe l'effetto immediato di rendere difficile per i filatoi fronteggiare con la loro produzione la richiesta di filo da parte dei tessitori.

Si ebbe così l'invenzione del filatoio di James Hargreaves (1720?-1778) ideato verso il 1764 e brevettato nel 1769, che permise ad un solo filatore di far funzionare contemporaneamente dapprima otto fusi, poi ottanta fusi e anche più. Nello stesso anno 1769 Richard Arkwright (1732-1792) costruì una macchina per filare che poteva essere azionata da animali oppure da una ruota ad acqua e che, dopo vari miglioramenti, fu in grado di produrre un filato più forte di quanto era prima possibile, permettendo così la produzione di tessuti interamente di cotone. Infatti il filato di cotone prima che si usasse questa macchina era così imperfetto che poteva soltanto servire per la trama mentre per l'ordito doveva essere adoperato il lino.

In questa prima fase della meccanizzazione la principale fonte di energia utilizzata fu l'energia idraulica. Una nuova spinta si ebbe però quando James Watt (1736-1819) realizzò un perfezionamento della macchina a vapore brevettando nel 1769 e costruendo nel 1776 la macchina che porta il suo nome e la cui principale caratteristica era l'introduzione di un condensatore separato che assicurava un migliore rendimento termico.

Più ferro per le nuove macchine

Le macchine tessili e le macchine a vapore richiedevano come materiale da costruzione ferro e acciaio di qualità migliorata e a prezzo più basso rispetto al passato. Questo sviluppo fu possibile grazie ad alcune innovazioni nella tecnologia siderurgica e fu ancora l'Inghilterra che nel 1700, disponendo di carbone e di minerali di ferro, passò all'avanguardia anche nella produzione di ferro.



Un primo passo avanti era già stato fatto nella seconda metà del 1600 con l'impiego del carbon fossile al posto del costoso e sempre più raro carbone di legna nella riduzione degli ossidi di ferro a ferro, ma la svolta fondamentale si ebbe con la scoperta del carbone coke.

Nel generale fermento di curiosità per le cose della natura il primo procedimento con cui si analizzava una sostanza naturale consisteva nel sottoporla a distillazione secca e nell'osservare i prodotti che si formavano. Questo procedimento, applicato al carbone, mostrò che il carbone fossile si trasformava, per distillazione secca, in carbone coke con liberazione di sostanze volatili. Il carbone coke risultava più adatto del carbone fossile per la produzione del ferro, avendo un minore contenuto in zolfo rispetto al carbone fossile ed essendo più resistente meccanicamente.

La prima produzione industriale di carbone coke e il suo impiego in siderurgia si ebbero nel 1709 nelle fonderie di Abraham Darby (1677-1717). In seguito all'impiego del coke fu possibile costruire altiforni più grandi ed aumentare la produzione del ferro riducendone i costi.

A seconda della qualità del carbone impiegato per produrre il coke e quindi a seconda della qualità del coke, l'altoforno forniva ferro dolce o ghisa; il ferro si otteneva soprattutto impiegando il coke ottenuto dai carboni di buona qualità dello Shropshire. Col coke ottenuto da altri carboni si doveva operare a temperature maggiori e il ferro assorbiva carbonio trasformandosi in ghisa.

Negli anni successivi la produzione della ghisa si estese. Abraham Darby II (1711-1763) perfezionò il funzionamento dell'altoforno aggiungendo calcare al coke e al minerale di ferro e ottenendo così delle scorie fuse più facilmente eliminabili. La ghisa però non fece concorrenza al ferro ottenuto col carbone di legna fino a circa il 1750; dopo tale data i forgiatori del Worcestershire cominciarono ad accettarla.

Fra il 1760 e il 1765 furono introdotti dei sistemi per insufflare aria nel forno, assicurando una più completa combustione del coke, e le macchine a vapore di Watt trovarono buon impiego nell'azionare le pompe per l'aria.

La successiva invenzione fondamentale, che avrebbe portato l'altoforno alla struttura attuale, fu dovuta a Jean Beaumont Neilson (1792-1865) che nel 1828 brevettò l'idea di insufflare aria calda anziché aria fredda nell'altoforno, rendendolo molto più efficiente (7). Il successo di tutte queste innovazioni è dimostrato dal fatto che il prezzo della ghisa scese da 12 sterline per tonnellata nel 1728 a 6 sterline per tonnellata nel 1892.

La ghisa tuttavia aveva i suoi limiti: con essa era possibile fabbricare rotaie, ruote, cilindri, ecc., ma non utensili o parti fondamentali di macchine. Dovunque si richiedessero requisiti di tenacia e resistenza doveva ancora essere impiegato ferro fucinabile; se si avevano esigenze di durezza ed elasticità bisognava usare l'acciaio. Già René Antoine Reaumur (1683-1757) in una celebre pubblicazione sull'«arte» della fabbricazione del ferro e dell'acciaio del 1722 (8) aveva descritto gli esperimenti con cui era riuscito a svelare il «segreto» degli antichi fabbricanti di acciaio: l'acciaio non era altro che ferro con una quantità determinata di carbonio. Egli aveva scoperto anche che era possibile ottenere l'acciaio fondendo insieme ghisa e ferro dolce. Nessuno degli artigiani del tempo aveva capito l'importanza di questa comunicazione scientifica e l'Inghilterra in questo periodo aveva continuato a dipendere dalla Germania per le importazioni di acciaio di buona qualità ottenuto da ghise manganesifere.

Soluzioni parziali del problema dell'acciaio si ebbero nel 1740 ad opera di Benjamin Huntsman (1704-1776), un orologiaio che iniziò la produzione di acciaio al crogiolo per la fabbricazione di molle e pendoli. Nel 1784 Henry Cort (1740-1800) ottenne il suo brevetto per la trasformazione della ghisa in ferro dolce per pudellaggio; il ferro pudellato era inferiore



come qualità al ferro ottenuto con carbone di legna, ma costava molto meno.

La nuova industria tessile richiede prodotti chimici

Una delle prime conseguenze dello sviluppo dell'industria tessile, soprattutto del cotone, fu rappresentata dalla richiesta di prodotti chimici per il lavaggio e il candeggio.

Intorno al 1750 il candeggio dei tessuti era realizzato con latte acido e i produttori inglesi spedivano i loro panni in Olanda per questa operazione. Fra il 1750 e il 1760 fu tentata la fabbricazione e l'impiego di soluzioni alcaline e nello stesso periodo fu scoperto che il latte acido poteva essere sostituito col vetriolo del quale, nel 1746, John Roebuck (1718-1794) e Samuel Garbett (1717-1805) avevano iniziato la produzione industriale prima a Birmingham, poi, nel 1749, a Prestonpans.

Partendo dall'osservazione, fatta un secolo prima da Johann Rudolph Glauber (1604-1670), che il piombo non è attaccato dall'acido solforico, essi condussero la reazione fra lo zolfo e il salnitro in camere di piombo anziché nelle costose e fragili storte di vetro impiegate fino allora; l'innovazione determinò una sensibile diminuzione del prezzo del prodotto. Il processo fu ulteriormente perfezionato da Charles Tennant (1768-1838) che, nel 1803, arrivò a ricuperare l'acido solforico in una serie di camere di piombo.

Negli anni fra il 1760 e il 1780 fu sviluppata la fabbricazione del solfato sodico (o sal Glauber) per reazione fra il sale comune e l'acido solforico e nel 1780 James Keir (1735-1820) iniziò la produzione della soda caustica col suo celebre sistema basato sulla decomposizione del solfato sodico con calce (9). La soda caustica era richiesta dai saponieri ed è stata l'unica sostanza alcalina artificiale fino alla diffusione del processo Leblanc. Poiché la materia prima per la nuova industria, il sale, era gravata da una pesante imposta, Keir ottenne, con una legge del 2 maggio 1781, una diminuzione di tale imposta per il sale destinato all'industria.

Nel 1774 il farmacista svedese Carl Scheele (1742-1786) scoprì il cloro e pochi anni dopo ne fu riconosciuta la proprietà di candeggiante. Intorno al 1780 fu iniziata la produzione industriale del cloro secondo il procedimento di Scheele, basato sull'ossidazione dell'acido cloridrico con biossido di manganese in barili di legno bianco. L'acido cloridrico era prodotto nella stessa reazione con cui veniva fabbricato il solfato sodico da acido solforico e sale; non fa quindi meraviglia vedere, fin dall'inizio dell'industria chimica, l'accentrarsi in una stessa impresa di molte attività che andavano dalla fabbricazione dell'acido solforico a quella del cloro, degli ipocloriti, del sapone.

Nel 1790 in Francia ebbe inizio la produzione dell'«acqua di Javelle» costituita da cloro assorbito in una soluzione di potassa caustica: si produceva così l'ipoclorito, di più facile uso, e Charles Tennant (1768-1838) in Inghilterra propose la preparazione dell'ipoclorito di calcio, più economico.

Per tutto il secolo XVIII vi fu una crescente richiesta di carbonato di sodio e di carbonati alcalini in genere da parte dell'industria tessile, dell'industria del vetro e di quella del sapone. Queste sostanze erano allora ottenute dalle ceneri delle piante o dalla trona dell'Egitto: anche certe piante (barilla) coltivate nella Francia meridionale e in Spagna e certe alghe trovate in Inghilterra fornivano, dopo calcinazione, dei carbonati alcalini, ma il loro prezzo era troppo elevato; per le industrie tessile, del vetro e del sapone occorreva della soda più a buon mercato quale solo artificialmente si sarebbe potuta ottenere.

Henri Louis Duhamel de Monceau (1700-1781) nel 1735 e Andreas Sigismund



Marggraf (1709-1782) qualche anno dopo (10) avevano indicato che la soda poteva essere ottenuta partendo dal cloruro di sodio, ma il sale era dovunque gravato da pesanti imposte che lo rendevano poco conveniente come materia prima.

Negli anni fra il 1770 e il 1790 molti avevano elaborato dei processi di fabbricazione artificiale del carbonato di sodio. La paternità del processo che si affermò è però giustamente attribuita al medico francese Nicola Leblanc (1742 o 1753-1806) il quale, fondendo molte esperienze e osservazioni precedenti, dette unità al processo di produzione prima del solfato di sodio da acido solforico e sale e poi al trattamento del solfato di sodio con calcare e carbone per ricavarne carbonato di sodio (la sua innovazione fu l'impiego del calcare). Egli effettuò queste reazioni su scala industriale, nel 1791, in una fabbrica costruita con un prestito di Filippo Egalité (10a).

Benché i primi passi di questa industria chimica si siano svolti in Francia, fu in Inghilterra che essa si sviluppò, soprattutto in seguito all'abolizione dell'imposta sul sale destinato ad uso industriale, a partire dal 1° gennaio 1825. Di conseguenza fu aumentata e perfezionata la produzione dell'acido solforico e nei primi anni del 1800 fu introdotta la pratica di concentrare in capsule di platino l'acido diluito.

La produzione di acido solforico si estese rapidamente. Una sensibile economia fu realizzata con l'uso del nitrato di sodio del Cile al posto del nitrato di potassio: nei 1831 arrivarono in Inghilterra le prime partite di nitro del Cile ad un prezzo da 20 a 30 volte inferiore a quello del salnitro. Una delle più importanti conseguenze dell'impiego del nitro del Cile fu la diminuzione di prezzo dell'acido nitrico, prodotto su scala limitata sin dal XVIII secolo per reazione dell'acido solforico col salnitro: un altro importante prodotto si aggiungeva così a quelli esistenti.

Fino al 1840 le materie prime per le principali merci erano dunque il carbone, i minerali di ferro, il sale, lo zolfo e il nitrato di sodio.

Lo sviluppo dell'industria siderurgica portò ben presto ad osservare che nella distillazione secca del carbone fossile, effettuata per produrre il coke, si formavano dei prodotti volatili. A partire dal 1770, prima in Germania e poi in Inghilterra, si cominciò a raccogliere il catrame che si separava da questi prodotti volatili. I principali contributi in questo campo sono dovuti ad Archibald Cochrane, nono conte di Dundonald (1749-1831), che realizzò su scala commerciale la produzione di catrame dal carbon fossile mediante distillazione secca, a partire dal 1732. Dundonald comprese che era possibile recuperare un gas, vendibile come gas illuminante, e del cloruro di ammonio e che il catrame aveva la proprietà di conservare il legname. Alcune delle sue anticipazioni furono poi sfruttate da altri.

William Murdoch (1754-1839) nel 1792 illuminò la propria casa col gas prodotto a 25 metri di distanza. Nel 1801 a Parigi Philippe Lebon (1767-1804) aveva illuminato col gas il giardino e l'interno dell'albergo Seignelay; nel 1805 fu illuminata una fabbrica a Manchester. Nel dicembre 1807 una parte della strada Pall Mall di Londra fu illuminata con lampioni a gas, nel 1815 la rete di distribuzione del gas a Londra era di 25 km e nel 1819 pare fosse di 350 km (11).

Nella purificazione del gas illuminante si raccoglievano, oltre al catrame, usato per incatramare le corde, per pavimentazione stradale e, a partire dal 1830, per la protezione delle traversine ferroviarie, dei liquidi ammoniacali (da cui, a partire dal 1840, fu preparato il solfato di ammonio) e dei solventi. Il catrame fu poi frazionato nei diversi costituenti, destinati a diventare importanti materie prime nell'industria dei coloranti; i fabbricanti tedeschi e svizzeri di sostanze coloranti importarono fino alla fine del 180 i loro intermedi dall'Inghilterra.



Il decennio 1840-1850: ha inizio l'era delle sintesi

In questo decennio hanno avuto luogo alcuni eventi destinati ad avere influenza decisiva su tutti gli sviluppi successivi dell'industria chimica.

Agli inizi del secolo Nicolas Théodore de Saussure (1767-1845) aveva studiato il fenomeno della fotosintesi mostrando che le piante assorbono anidride carbonica per la sintesi di sostanze organiche e aveva rilevato che le piante non utilizzano l'azoto gassoso (12); contemporaneamente Humphrey Davy (1778-1829) aveva indicato l'importanza del fosforo nel terreno.

Negli anni 1840-1850 le ricerche sulla nutrizione vegetale furono condotte da personalità di grande rilievo scientifico. Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887) pubblicò dal 1838 in avanti una serie importante di lavori sulla nutrizione vegetale e mise in evidenza, fra l'altro, che il carbonio organico può essere sintetizzato non soltanto dall'anidride carbonica dell'aria, ma anche da quella del terreno assorbita attraverso le radici (le piante possono crescere al buio senza formare clorofilla).

Justus von Liebig (1803-1873) indicò che per la nutrizione delle piante occorrono sostanze inorganiche e cioè acido carbonico, ammoniaca, acido fosforico, acido solforico, acido silicico, calce, magnesia, potassa e ferro. I concimi non contribuiscono alla vita vegetale attraverso l'assimilazione dei costituenti organici, ma indirettamente attraverso i loro prodotti di decomposizione e putrefazione, cioè mediante trasformazione del loro azoto in ammoniaca e acido nitrico (13). Liebig peraltro era convinto che i nitrati fossero utili come fonte di sostanze alcaline; che le piante ricavassero l'azoto dall'ammoniaca presente nell'aria o da quella presente nel terreno perché trascinata dalle piogge o dovuta alla putrefazione di sostanze organiche (mentre è noto che i vegetali utilizzano l'azoto quando è nel terreno sotto forma di sali dell'acido nitrico); che l'aggiunta di azoto al terreno fosse superflua; che i fertilizzanti dovessero essere aggiunti al terreno in forma insolubile per non essere lisciviati dalle piogge (mentre è noto anzi che debbono essere somministrati al terreno in forma solubile in acqua per potersi disperdere nelle soluzioni acquose circolanti nel terreno e per poter essere assorbiti dalle radici e utilizzati dalle piante)(14).

Nonostante questi errori, che i contemporanei stessi rilevarono, Liebig era una figura di tale autorità e prestigio da destare l'attenzione degli studiosi sul problema della nutrizione vegetale. Le indagini di questi anni misero in chiaro che le piante ricavano dal terreno, attraverso le radici, alcune sostanze indispensabili per il loro sviluppo e in particolare gli elementi fosforo, azoto, potassio. Le colture intensive --- diffuse soprattutto in seguito all'aumento della popolazione e del livello di vita conseguenti alla rivoluzione industriale --- sottraggono al terreno le sostanze nutritive in esso contenute e quindi il terreno si impoverisce e le successive colture danno raccolti sempre più poveri. Per conservare un buon livello di produttività del terreno occorre restituire al terreno soprattutto gli elementi fosforo, azoto e potassio sotto forma di elementi chimici o di concimi o fertilizzanti artificiali. Tali concimi devono essere solubili in acqua altrimenti non possono essere utilizzati dalle piante. Il futuro dell'umanità dipendeva quindi dalla possibilità di conservare il livello di produttività dei raccolti aggiungendo al terreno adeguate sostanze fertilizzanti.

Per quanto riguarda il fosforo la natura offriva dei fosfati di calcio (nelle ossa, nelle ceneri delle ossa o sotto forma di minerali come l'apatite) che però sono insolubili in acqua. Lo stesso Liebig aveva suggerito che il fosfato tricalcico insolubile avrebbe potuto essere reso solubile con acido solforico e che la miscela risultante di fosfati di calcio solubili e di solfato



di calcio avrebbe potuto essere impiegata come fertilizzante. Esperimenti su piccola scala furono fatti nel 1837-1839 e su scala maggiore nel 1840 e nel 1841 da John Bennett Lawes (1814-1900) di Rothamsted. Nel 1842 Lawes ottenne un brevetto per la fabbricazione dei perfosfati e nel 1843 ne iniziò la produzione industriale vicino a Londra, presto seguito da numerosi altri stabilimenti. La produzione di perfosfati comporta un notevole consumo di acido solforico e questo determinò un aumento della produzione di questa sostanza.

Per quanto riguarda l'azoto Liebig, come si è detto, riteneva che la sostanza nutritiva per le piante fosse costituita dall'ammoniaca. Questo determinò un aumento della produzione del solfato di ammonio ottenuto dal lavaggio del gas illuminante con acido solforico e un ulteriore aumento del consumo di acido solforico.

Questa espansione del consumo di acido solforico ebbe i suoi riflessi sul mercato della materia prima allora utilizzata, lo zolfo, che proveniva esclusivamente dalla Sicilia.

Già agli inizi del 1800 Charles Tennant (1768-1838) e James Muspratt (1793-1896), grandi produttori di acido solforico, avevano acquistato delle miniere di zolfo in Sicilia. Questo fatto e la crescente richiesta di zolfo avevano destato la reazione dei produttori siciliani: nel 1839 fu firmato un contratto fra il Re delle Due Sicilie e la casa Taix Aycard & C. di Marsiglia allo scopo di assicurare a quest'ultima il monopolio della vendita dello zolfo e di stabilizzare i prezzi che oscillavano a causa delle speculazioni. Come effetto di questo monopolio la produzione diminuì da 90.000 a 60.000 tonnellate all'anno e il prezzo dello zolfo salì da 5 a 15 sterline per tonnellata (15)(16)(17).

Questa situazione indusse i fabbricanti di acido solforico ad usare, come materia prima, le piriti, solfuri di ferro abbastanza diffusi in natura. L'utilizzazione delle piriti presentò alcune difficoltà che furono superate a partire dal 1839; da questo periodo le piriti furono usate in crescenti proporzioni (18).

Per liberarsi dal monopolio dello zolfo siciliano i produttori di acido solforico utilizzarono come materia prima anche il solfuro di calcio, un sottoprodotto del processo Leblanc che non solo era rimasto fino allora inutilizzato, ma addirittura risultava dannoso perché si decomponeva all'aria sviluppando idrogeno solforato.

L'idea di utilizzare questo sottoprodotto risale al 1835, ma soltanto nella seconda metà del 1800 il problema sarebbe stato risolto col processo Chance-Claus, messo a punto da Alexander Chance (1844-1917) e Carl Claus (1796-1864), uno dei primi esempi di riutilizzo di sottoprodotti e scarti industriali.

Nello stesso tempo fu perfezionato il ciclo del processo delle camere di piombo. Uno dei fattori che determinavano l'alto costo dell'acido solforico era rappresentato dalla perdita dei vapori nitrosi. Il grande fisico Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) aveva pensato fin dal 1827 al modo di recuperare tali vapori nitrosi mediante una torre che porta ancora oggi il suo nome; la torre di Gay-Lussac fu introdotta nel processo a partire dal 1835 a St. Gobain, in Francia; essa fu applicata soltanto più tardi in Inghilterra, dove il salnitro costava poco.

L'importanza dell'acido solforico era diventata così grande da far dire a Liebig la celebre frase che «si può valutare con grande precisione il benessere economico di un paese dalla quantità di acido solforico che consuma» (19).

Un altro importante evento del decennio 1840-1850 fu rappresentato dalle prime sintesi organiche. Avendo a disposizione due energici reagenti come l'acido solforico e l'acido nitrico, i chimici trattarono con essi tutte le sostanze a loro disposizione, dando inizio a nuove classi di sostanze e a nuovi prodotti di interesse industriale.

Nel 1837 il francese Théophile Jules Pelouze (1807-1867) scoprì che, trattando la cellulosa con acido nitrico, si otteneva un prodotto infiammabile ed esplosivo. La



preparazione del cotone collodio per trattamento del cotone con acido nitrico e acido solforico fu descritta nel corso dell'anno 1846 contemporaneamente e indipendentemente in Germania da C. F. Schönbein (1799-1868), da Friedrich Julius Otto (1809-1870), da R. C. Böttger (1806-1881), da K. Karmasch e F. Heeren (1803-1885), e infine da J. A. Knop, un assistente di Erdmann a Lipsia.

Le relative scoperte furono comunicate a riunioni di società scientifiche o a quotidiani locali e destarono tanto interesse che dal 1846 al 1848 furono pubblicati 26 lavori sull'argomento.

La paternità principale del nuovo esplosivo viene attribuita a Schönbein che ne iniziò la produzione industriale, peraltro funestata in breve tempo da alcune tragiche esplosioni. Nel 1853 il barone austriaco Wilhelm von Lenk scoprì il sistema per stabilizzare il nuovo esplosivo e per renderne possibile l'utilizzazione in pace e in guerra (20).

Le proprietà filmogene della nitrocellulosa ebbero anche fondamentale importanza nella diffusione della fotografia, dapprima col processo al collodio (1851) e poi con le pellicole di celluloidi dopo l'invenzione di questa sostanza, la prima materia plastica, ad opera di Alexander Parkes (1813-1890) nel 1839.

Ancora nel 1846 l'italiano Ascanio Sobrero (1812-1888) aveva ottenuto dalla glicerina, separata dai grassi nel 1815 da Michel Eugène Chevreul (1786-1889), la nitroglicerina, una sostanza con fortissime proprietà esplosive e così pericolosa da non presentare alcun interesse pratico fino a quando, nel 1866, lo svedese Alfred Nobel (1833-1896) riuscì a stabilizzarla, mediante una combinazione che prese il nome di dinamite; negli anni immediatamente successivi la produzione di nitroglicerina si diffuse in tutto il mondo in maniera enorme, sia per usi militari che per usi pacifici, per esempio per opere minerarie, rendendo facilmente accessibile alle industrie trasformatrici enormi riserve di minerali e materie prime.

Sempre nel decennio 1840-1850 il chimico londinese Charles Beachford Mansfield (1819-1855), conducendo ricerche sulla distillazione del catrame di carbon fossile, separò benzolo, toluolo e xilolo. Lo stesso Mansfield brevettò nel 1847 la preparazione del nitrobenzolo per azione dell'acido nitrico e dell'acido solforico sul benzolo e nel 1854 Pierre Jacques Antoine Bechamp (1816-1908) descrisse la riduzione del nitrobenzolo ad anilina con tornitura di ferro ed un acido, scoperta che stava alla base della nuova chimica dei coloranti. Infatti le sintesi effettuate nel decennio che stiamo considerando offrivano le materie intermedie che sarebbero state alla base della successiva industria dei coloranti.

Un altro evento di questo decennio fu l'avventurosa scoperta da parte di Charles Goodyear (1800-1860) del processo di vulcanizzazione della gomma. La gomma era stata conosciuta in Europa in seguito alle comunicazioni fatte da Charles de la Condamine (1701-1774) all'Accademia delle Scienze di Parigi sulla storia naturale del Perù e del Rio delle Amazzoni.

Prima della fine del 1700 era già cominciata una modesta importazione dal Brasile in Europa di gomma greggia, che era usata o come tale per cancellare i segni di matita dalla carta --- un uso proposto da Joseph Priestley (1733-1804) nel 1770 --- o in soluzione in essenza di trementina per impermeabilizzare i tessuti; un brevetto di quest'ultima applicazione porta la data del 1791 e nel 1822 Charles Macintosh (1766-1843) inventò l'indumento impermeabile.

Un'industria di manufatti di gomma ebbe inizio nel 1820 ad opera dell'inglese Thomas Hancock (1786-1865), il quale apportò alcune fondamentali innovazioni nella lavorazione della gomma greggia. I manufatti però erano di limitata durata e soprattutto diventavano



fragili a freddo e molli e appiccicosi a caldo.

Nel 1826 Michael Faraday (1791-1867) stabilì (21) che la gomma naturale è costituita da un idrocarburo di cui indicò la formula molecolare; William Gregory (1803-1858) nel 1835 sottoponendo a distillazione secca la gomma ottenne il monomero gassoso greggio che C. Greville Williams (1829-1910) analizzò nel 1860 e chiamò isoprene.

L'americano Goodyear scoprì nel 1839 che la gomma, addizionata con zolfo e con una sostanza inerte, come carbonato di piombo, e scaldata a temperatura opportuna, diventa insolubile nei solventi e non presenta più gli inconvenienti della gomma greggia. Un altro materiale da costruzione che aveva avuto fino allora soltanto modeste applicazioni commerciali venne così ad assumere una importanza primaria nell'industria. Grazie a questa scoperta anche lo zolfo trovò un nuovo mercato, destinato a grande sviluppo.

Il trentennio dal 1850 al 1880

Nella seconda metà del 1800 l'industria chimica aveva già raggiunto un livello di notevole maturità tecnologica. I prodotti si erano ormai talmente diversificati che è difficile analizzarli in un quadro unitario: in qualche settore si ebbero dei perfezionamenti, in altri delle vere e proprie innovazioni.

La prima metà del secolo XIX aveva visto una grande espansione dell'industria meccanica e della produzione siderurgica. La prima ferrovia fra Stockton e Darlington funzionò con locomotive Stephenson nel 1825 e da allora le comunicazioni ferroviarie si estesero in Europa e in America richiedendo crescenti quantità di ferro e acciaio per le macchine e le rotaie, nonché per i molti altri macchinari necessari all'industria in pieno sviluppo.

I procedimenti di fabbricazione del ferro e dell'acciaio col processo di pudellaggio erano però del tutto insoddisfacenti: una decisa diminuzione dei costi si ebbe con l'invenzione, da parte di Henry Bessemer (1813-1898), nel 1856 del sistema di fabbricazione dell'acciaio direttamente dalla ghisa fusa. Ben presto si rilevò che il processo Bessemer era inadeguato soprattutto alla lavorazione delle ghise contenenti fosforo ricavate dalle ricche miniere di minettes della Lorena.

La Francia dopo la guerra del 1870 non aveva attribuito importanza a questi giacimenti e li aveva ceduti alla Prussia nel 1871, un grosso errore che non tenne conto di possibili perfezionamenti della siderurgia i quali, infatti, vennero ben presto; nel 1880 Sidney Gilchrist Thomas (1850-1885)(22) propose di applicare nel convertitore Bessemer un rivestimento basico: fu così possibile trasformare in acciaio anche le ghise contenenti fosforo e questo contribuì all'aumento della produzione tedesca di acciaio.

Il posto di paese guida nell'industria meccanica e chimica passò in torno al 1880 dall'Inghilterra alla Germania, che tenne tale posizioni fino alla prima guerra mondiale quando ebbe praticamente inizio il grande sviluppo americano.

La grande quantità di rottami di ferro, intanto, aveva portato alla realizzazione del sistema --- sviluppato dai fratelli francesi Émile (1794-1871) e Pierre-Emile (1824-1915) Martin intorno al 1864 e dai fratelli tedeschi Friedrich (1826-1904) Wilhelm (1823-1883) Siemens intorno al 1861 --- capace di produrre acciai dai rottami, dalla ghisa e anche dai minerali: questo processo andò assumendo sempre maggiore importanza perché consentiva di trattare un maggiore quantità di ghisa e, essendo più lento del processo Bessemer consentiva



un migliore controllo del prodotto. Nel 1900 la quantità di acciaio prodotto col sistema Martin superava già quella prodotta col sistema Bessemer.

I traffici e le comunicazioni portarono a un aumento del livello di vita generale e ad un aumento della popolazione. Malgrado il notevole sviluppo tecnico generale, l'industria tessile, che pure era stata all'origine dello sviluppo dell'industria meccanica, dell'industria siderurgica e di quella chimica, dipendeva ancora da pochi coloranti naturali come l'indaco (importato dall'India o ottenuto dal guado), la malva, la cocciniglia, lo scarlatto della robbia, il rosso del legno Brasile e lo zafferano.

Era naturale che lo sviluppo delle conoscenze chimiche portasse ben presto a tentare la fabbricazione artificiale di queste e di altre sostanze coloranti. Il contributo più importante fu certamente quello di William Henry Perkin (1838-1907) che nel 1856 riuscì a fabbricare la prima sostanza colorante sintetica, la malveina.

Nello stesso 1856 il professore polacco Jacob Natanson (1832-1884.) descrisse la preparazione del rosso di anilina, che fu prodotto industrialmente a partire dal 1859 col nome di fucsina, o Magenta, per ricordare la battaglia vittoriosa.

Nel 1864, in seguito alle ricerche condotte in Inghilterra da Peter Griess (1829-1888), fu possibile la preparazione del giallo di anilina, il primo della serie dei coloranti azoici. Fino allora l'industria si era orientata verso coloranti nuovi, piuttosto che verso la preparazione artificiale dei coloranti esistenti in natura.

Il primo clamoroso successo fu rappresentato dalla sintesi dell'alizarina alla quale lavoravano Heinrich Caro (1834-1911) alla Badische Anilin und Soda Fabrik, Carl Graebe (1841-1927) e Carl Liebermann (1842-1914) nel laboratorio di Baeyer a Berlino, e Perkin in Inghilterra. Nel 1869 Graebe e Liebermann stabilirono la natura e descrissero la sintesi dell'alizarina e, insieme a Caro, depositarono in Inghilterra il 25 giugno 1869 una richiesta di brevetto che ricevette il n. 1938; il giorno dopo Perkin, che era arrivato alla sintesi dell'alizarina indipendentemente e per altra strada, depositò un'altra domanda di brevetto che fu registrata col n. 1948.

La coltura della robbia, che era stata così importante economicamente per vaste regioni della Francia, sparì completamente e in dieci anni, dal 1870 al 1880, il prezzo dell'alizarina diminuì di quattro volte.

La sintesi dell'indaco fu molto più lunga e complicata e fu realizzata in laboratorio nel 1880 da Adolph von Baeyer (1835-1917). L'applicazione industriale fu possibile però soltanto qualche anno dopo, e la Badische Anilin cominciò a produrre indaco sintetico nel 1897 con un successo commerciale tale che appena tre anni dopo la quantità di indaco sintetico era equivalente a quella ottenibile dalla coltivazione di 65.000 ettari di *Indigofera*.

La produzione indiana di indaco, che era di 5000 tonnellate nel 1892 e di 7500 tonnellate nel 1896, scese a 1200 tonnellate nel 1909 e, ad eccezione di una breve ripresa durante la prima guerra mondiale, dovuta al fatto che erano interrotti i commerci con il principale fabbricante del colorante sintetico, la Germania, la produzione di indaco naturale diminuì rapidamente e quindi scomparve. In conseguenza di ciò le zone coltivate ad indaco furono coltivate a piante della gomma, a canapa e a cotone e si ebbe così, in seguito alla concorrenza dell'indaco sintetico, una riconversione delle colture. A parte un inevitabile periodo di transizione, però, la merce sintetica non distrusse l'economia dell'India, ma ne modificò e ne fece evolvere la struttura.

I primi successi della sintesi di nuove sostanze organiche diedero l'avvio ad un fermento di nuove iniziative. I nitroderivati organici potevano essere preparati impiegando come reagenti acido nitrico (che, come si è detto, si fabbricava dal nitro de Cile per



trattamento con acido solforico) e acido solforico concentrato. Poiché il processo delle camere di piombo fornisce acido solforico diluito l'acido concentrato era stato preparato fino alla metà del secolo o con il vecchio costoso processo della distillazione secca del solfato ferroso o con l'altrettanto costoso processo di concentrazione dell'acido solforico diluito in capsule di platino.

Per superare questa difficoltà furono seguite due strade. La prima fu l'introduzione nel processo delle camere di piombo della torre che porta il nome del suo inventore, John Glover (1817-1902), nella quale i vapori nitrosi assorbiti in acido solforico vengono portati a contatto con l'anidride solforosa. Nella torre di Glover si libera acido solforico concentrato. Questa torre di Glover fu introdotta per la prima volta nel 1868-1870 a Widnes.

La seconda strada fu rappresentata dal processo di ossidazione diretto dell'anidride solforosa con aria in presenza di un catalizzatore di platino riscaldato. Il processo era stato brevettato fin dal 1831 da Peregrine Phillip un fabbricante di aceto di Bristol, e fu sviluppato industrialmente da Rudolph Messel (1847-1920), chimico della società W.S. Squire, Chapman and Co.; il processo fu applicato nel 1881 in Alsazia l'anidride solforosa per combustione dello zolfo.

Rudolph T. J. Knietsch (1854-1906) fu il primo a mostrare che poteva usare l'anidride solforosa ricavata dall'arrostimento delle pirite previa accurata purificazione per liberarla da sostanze che potevano avvelenare il catalizzatore: il suo processo fu adottato nel 1898 dalla società Badische. Contemporaneamente lo stesso processo fu adottato dalla società Meister, Lucius & Brüning a Höchst, in seguito agli esperimenti di Krauss e von Berneck.

Per tutta la prima metà del XIX secolo i più importanti prodotti dell'industria degli alcali --- il carbonato di sodio, la soda caustica e il cloro --- dipendevano dal processo Leblanc che, come si è visto, presentava molti inconvenienti in quanto richiedeva rilevanti quantità di carbone, necessario come reagente e come combustibile, e dava come sotto prodotti acido cloridrico (solo in parte trasformato in cloro) e solfuro di calcio, il prodotto in cui andava a perdersi tutto il costoso zolfo dell'acido solforico impiegato come reattivo. Un processo di fabbricazione del carbonato di sodio senza bisogno di acido solforico era stato proposto da A. J. Fresnel fin dal 1810 ed era stato applicato su scala industriale per un anno o due in Scozia da John Thom intorno al 1836. Il processo consisteva nel trattare il sale con ammoniaca e anidride carbonica e nel calcinare il bicarbonato di sodio precipitato. H. G. Dyar e J. Hemming avevano brevettato il processo nel 1838 e lo avevano applicato per breve tempo su scala industriale. Un'altra applicazione industriale si era avuta per qualche tempo vicino a Parigi intorno al 1855 ad opera di T. Schloesing e E. Rolland.

Finalmente nel 1863 il belga Ernest Solvay (1838-1922) brevettò l'apparecchiatura per il processo che porta il suo nome e soprattutto il carbonatore verticale. La produzione industriale fu iniziata nel 1865 e la soda ottenuta col processo Solvay fu presentata all'esposizione di Parigi del 1867. La principale caratteristica del processo è che tutta l'ammoniaca e parte dell'anidride carbonica sono recuperabili e che la qualità del prodotto finale è molto migliore di quella della soda Leblanc.

A partire dal 1870 il processo con ammoniaca si andò diffondendo in Francia e Germania e specialmente in quest'ultimo paese grazie all'enorme sviluppo dell'industria chimica. Nel 1882 il 44% del carbonato sodico era fabbricato in Germania col processo all'ammoniaca e nel 1887 la proporzione era del 75%.

La nuova invenzione rappresentò un grave colpo per l'industria della soda Leblanc; un altro colpo fu rappresentato dalle proteste per il fatto che i produttori di carbonato sodico lasciavano liberamente scaricare nell'aria l'acido cloridrico con conseguente distruzione delle



colture per molti chilometri all'intorno e danni alla popolazione. Dapprima le fabbriche vennero allontanate dalle città, come la fabbrica di Tennant, che fu fatta spostare da Liverpool a St. Helens. Infine nel 1863 fu emanata in Inghilterra la legge contro l'inquinamento atmosferico o «Alkali Act», che obbligava i fabbricanti a recuperare l'acido cloridrico in soluzioni acquose. Furono allora perfezionati i metodi per l'utilizzazione di questo sottoprodotto e in particolare per la sua trasformazione in cloro.

Già Dunlop nel 1849 aveva proposto l'ossidazione dell'acido cloridrico con acido nitrico (un metodo che ha assunto di nuovo interesse di recente); Walter Weldon (1832-1885) nel 1866 perfezionò il primitivo processo di ossidazione con biossido di manganese e Henry Deacon (1822-1876) nel 1868-1874 sviluppò il processo di ossidazione dell'acido cloridrico con aria.

Per il recupero dello zolfo dal solfuro di calcio furono tentate varie soluzioni, ma soltanto le invenzioni di Alexander Chance (1844-1917)(23) e di Carl F. Claus (1796-1864), entrambe del 1882, consentirono agli industriali soprattutto inglesi di rendere meno pesanti le importazioni di zolfo e di piriti. Nel 1893 in Inghilterra vennero prodotte 35.000 tonnellate di zolfo di recupero, rispetto a circa 400.000 tonnellate prodotte dalle miniere siciliane nello stesso anno. L'industria della soda Leblanc poté così sopravvivere per qualche decennio grazie alla produzione di ipocloriti e, a partire dal 1850, di soda caustica, necessaria per l'industria delle sintesi organiche; la soda caustica era ottenuta dal carbonato per caustificazione.

La fine della rivoluzione chimica 1880-1900

Gli anni intorno al 1880 sono caratterizzati da alcune invenzioni destinate a portare profondi mutamenti nell'industria chimica.

La diffusione della produzione di energia elettrica ebbe conseguenze decisive per l'industria chimica. Nel 1831 Michael Faraday (1791-1867) descrisse il principio di funzionamento della dinamo e gettò le basi della trasformazione in energia elettrica dell'energia meccanica ottenuta con le macchine a vapore.

Le conseguenze vennero molto rapide. L'invenzione del telegrafo è del 1837. L'illuminazione elettrica si diffuse ben presto, in America, a partire dal 1881 e subito dopo in tutti gli altri paesi. L'elettricità veniva ottenuta dapprima con macchine a vapore; gli impianti idroelettrici cominciarono ad essere installati nel 1881. E. Werner von Siemens (1816-1892) e Zénobe Théophile Gramme (1826-1901) inventarono nuovi modelli di dinamo nel 1874 e nel 1886, rispettivamente. Nel 1885 l'italiano Galileo Ferraris (1847-1897) inventò il campo magnetico rotante che permise la realizzazione di motori elettrici, cioè di sistemi per trasformare l'energia elettrica in energia meccanica.

Il diffondersi dell'uso dell'elettricità portò un crescente consumo di rame come conduttore e di gomma come isolante per fili elettrici. Dopo la scoperta della vulcanizzazione della gomma il consumo di questo prodotto era rapidamente aumentato e per il suo rifornimento i paesi industriali dipendevano dal Brasile che deteneva il monopolio della gomma greggia. Per rompere questo monopolio l'Inghilterra importò clandestinamente dal Brasile dei semi di *Hevea*, che giunsero a Londra nel 1876 e che subito furono trasferiti a Ceylon e poi in Malesia, dove ebbe inizio la coltivazione della gomma di piantagione. Ben presto questa gomma fece concorrenza come qualità e prezzo a quella del Brasile, che attraversò un periodo di grave crisi economica vedendo diminuire i proventi derivanti dall'esportazione di



gomma naturale e dovette ammodernare le colture.

Il diffondersi dell'elettricità portò anche altre conseguenze, fra cui la realizzazione di processi per fabbricare un nuovo materiale da costruzione: l'alluminio. Gli sforzi per preparare questo metallo puro incontrarono dapprima grandi difficoltà. Nel 1845 Friedrich Wöhler (1800-1882) ridusse il cloruro di alluminio con potassio e nel 1854 Henry Étienne Saint-Claire Deville (1818-1881), col contributo finanziario di Napoleone III, riuscì a produrre cloruro di alluminio dalla bauxite e a ridurre il cloruro di alluminio con sodio e poi con idrogeno ed iniziò una produzione su scala industriale: dal 1855 al 1888 furono prodotte 50 tonnellate di metallo e il prezzo diminuì di sei volte.

Il vero inizio dell'era dei metalli leggeri si ebbe però quando nel 1886, indipendentemente, Charles Martin Hall (1863-1914) negli Stati Uniti e P. L. T. Héroult (1863-1914) in Francia brevettarono un processo elettrolitico per trasformare l'ossido di alluminio in alluminio metallico. La produzione dell'alluminio col nuovo processo cominciò nel 1887 e prese un enorme sviluppo in molti paesi del mondo.

Un'altra conseguenza dell'elettricità fu la fabbricazione della soda caustica e del cloro per via elettrolitica. Fin dal 1851 l'inglese Charles Watt aveva ottenuto un brevetto per la fabbricazione di soda caustica per elettrolisi del cloruro sodico. L'introduzione del processo elettrolitico per la fabbricazione di soda caustica, cloro e ipocloriti dette il colpo definitivo al processo Leblanc che, a partire dal 1880, fu applicato su scala sempre più ridotta anche in Inghilterra, fino a scomparire del tutto.

Altri eventi fondamentali si ebbero nell'industria chimica in seguito alla diffusione dell'elettricità.

Il crescente consumo di nitro del Cile aveva determinato dei disordini politici fra Cile e Bolivia e quindi irregolarità nelle forniture e aumento di prezzo. Inoltre il governo cileno poneva sul nitro un pesante dazio di esportazione. Era quindi naturale che gli industriali, soprattutto europei, cercassero di rendersi indipendenti da questa fonte di rifornimento di una materia ormai indispensabile non soltanto come fertilizzante, ma soprattutto come materia prima per la produzione dell'acido nitrico, necessario per gli esplosivi e per le sintesi dei coloranti.

Nacque così il primo processo di sintesi dell'acido nitrico per combinazione diretta dell'azoto e dell'ossigeno dell'aria a circa 3000°C in un arco elettrico. Dopo molti anni di studio il sistema fu applicato per la prima volta su scala industriale alle cascate del Niagara nel 1902, ma fu sviluppato e perfezionato dai norvegesi Kristian Birkeland (1867-1917) e Sam Eyde (1866-1940) che nel 1905 arrivarono ad un processo industriale con alti rendimenti.

Il sistema risultava tuttavia antieconomico a causa dell'elevato consumo di energia elettrica e il problema della fabbricazione artificiale di prodotti azotati non si poté considerare convenientemente risolto fino agli anni fra il 1910 e il 1915 quando fu realizzata la sintesi diretta dell'ammoniaca.

Fra il 1905 e il 1907 Fritz Haber (1868-1934) e H. W. Nerst (1864-1941) studiarono l'equilibrio fra idrogeno, azoto e ammoniaca, sia a pressione atmosferica che sotto pressione. Sulla base di questi risultati lo stesso Haber, in collaborazione con Carl Bosch, sviluppò il processo che fu applicato dalla società Badische a Ludwigshafen e che utilizzava, come materia prima, il carbone: questo veniva fatto reagire ad alta temperatura con una miscela di aria e vapor d'acqua (24)(25). La sintesi diretta dell'ammoniaca e la possibilità di ottenere acido nitrico dall'ammoniaca sintetica segnarono il declino della fortuna del Cile e misero a disposizione di qualsiasi paese industriale i materiali per le industrie dei fertilizzanti e per



quelle delle sintesi organiche.

Sempre nello stesso periodo fu sviluppato il processo di fabbricazione di un altro fertilizzante azotato, la calciocianammide, per trattamento del carburo di calcio con azoto. Dopo alcune difficoltà iniziali il processo si sviluppò, soprattutto a partire dal 1905, in seguito alla costruzione da parte di C. Linde (1842-1934) di un apparecchio economicamente vantaggioso per la liquefazione dell'aria e per la separazione per distillazione frazionata dell'azoto dall'ossigeno.

L'ultimo evento che va ricordato in questo rapido esame del periodo della rivoluzione chimica è la nascita dell'industria petrolifera. Il petrolio venne estratto per la prima volta in Pennsylvania nel 1859 ed ebbe per qualche tempo limitato interesse pratico: veniva rudimentalmente separato in alcune frazioni e di queste trovava qualche uso il cherosene nelle lampade a petrolio, in sostituzione del grasso di balena che si faceva sempre più raro e costoso in seguito alla indiscriminata caccia alle balene.

Lo sviluppo dell'interesse per il petrolio fu dovuto all'invenzione del motore a combustione interna ad opera di Eugenio Barsanti (1821-1864); tale motore fu poi perfezionato dal tedesco Gottlieb Daimler (1834-1900) nel 1889; il motore a scoppio fu applicato ad un veicolo quattro ruote da Karl Benz (1844-1929), che realizzò il prototipo dell'automobile.

Mentre questi motori impiegavano come combustibili le frazioni più leggere della distillazione del petrolio, il motore inventato da Rudolph Diesel (1858-1913) nel 1900 ne utilizzava le frazioni più pesanti. Nasceva così la necessità di raffinare le diverse frazioni del petrolio, che iniziava la sua rapida ascesa come combustibile e come fonte di materie prime per l'industria chimica.

La nuova era

Con il XX secolo e con la scomparsa del processo Leblanc si può considerare chiusa l'era della rivoluzione chimica. Il Novecento rappresenta per l'industria chimica una fase di piena evoluzione e di cambiamento di strutture.

L'industria è ancora accentrata in alcuni grandi gruppi produttivi e finanziari e la ricerca scientifica assume un ruolo sempre più importante, spesso svolta in centri di ricerca industriale. Gli scienziati-inventori-imprenditori scompaiono e quando uno scienziato inventa nuovi processi, lo fa generalmente per conto dell'industria che ne sovvenziona le ricerche. Per contro, i laboratori dell'industria si dedicano spesso a ricerche scientifiche di base di livello molto alto, talvolta superiore a quello delle ricerche universitarie, favoriti in questo anche da una maggiore disponibilità finanziaria.

Le grandi tappe della successiva evoluzione chimica sono l'introduzione del poco costoso zolfo Frasch, la gomma sintetica, la benzina sintetica, le materie plastiche, le nuove tappe della metallurgia, la transizione dalla carbochimica alla petrolchimica; la posizione di paese tecnologicamente più progredito, detenuta prima dall'Inghilterra e poi dalla Germania, viene assunta dopo il 1920 dagli Stati Uniti.



- (1) C. Barbagallo, *Le origini della grande industria contemporanea (1750-1850)*, Venezia, Edizione La Nuova Italia, 1929.
- (2) Questo stesso titolo è stato usato da M. Berthelot, *La révolution chimique*, Parigi, 1890 e, più recentemente, per una esposizione dello sviluppo dell'industria chimica in Scozia da A. Clow e N. L. Clow, *The chemical revolution: a contribution to social technology*, London, The Batchworth Press, 1952.
- (3) *A history of technology*, Oxford, Clarendon Press, Vol. IV, 1958; Vol. V, 1958. Traduzione italiana: *Storia della tecnologia*, Torino, Boringhieri.
- (4) L. F. Haber, *The chemical industry during the Nineteenth Century*, Oxford, Clarendon Press, 1958.
- (5) J. R. Partington, *A history of chemistry*, London, McMillan & Co., Vol. III, 1962; Vol. IV, 1964.
- (6) Precedenti indagini in questo senso si hanno nell'opera di W. Ciusa, *Aspetti tecnici ed economici di alcuni cicli produttivi*, Bologna, Zuffi, 1954, e in una conferenza inedita dell'autore tenuta come prolusione al corso di Merceologia nell'Università di Bari nel marzo 1959.
- (6a) Cfr. anche: G. Nebbia, *Risorse naturali e merci: un contributo alla tecnologia sociale*, Bari, Cacucci Editore, 1968.
- (7) Il processo fu descritto dal contemporaneo Thomas Clark (1801-1867) in: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 8, 373-382 (1836).
- (8) R. A. Reaumur, *L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu et de faire des ouvrages de fer fondu aussi qu'en fer forgé*, Paris, 1722. Traduzione inglese di Sisco e Smith, *Reaumur's memoir on iron and steel*, Chicago, 1956.
- (9) R. Padley, *The beginning of the British alkali industry*, University of Birmingham *Historical Journal*, 3, 64-78 (1951-1952).
- (10) A. S. Marggraf, *Chymischer Schriften*, Berlin, 1761-1768.
- (10a) C. C. Gillispie, *The discovery of the Leblanc process*, *Isis*, 48, (2), 152-170 (1957).
- (11) F. Accum, *A practical treatise on gas-light*, London, 1815; *Description of the process of manufacturing coal gas*, London, 1819.
- (12) N. T. De Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, Paris, 1804
- (13) J. v. Liebig, *Die organische Chemie und ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Brunswick, 1840 e molte edizioni e traduzioni successive.



(14) Liebig ammise il suo errore nel 1863.

(15) *Documents concerning the Sulphur Monopoly. Parliamentary Inquiry into the conduct of the Foreign Secretary*, London, 1841

(16) G. Testoni, *Alcune notizie sugli zolfi italiani*, Conferenza alla Soc. Ind. Comm. della Provincia di Bologna, 1913.

(17) W. Haynes, *The stone that burns*, New York, van Nostrand, 1942.

(18) L'industria dello zolfo in Sicilia ne sentì ben presto le conseguenze; la crisi fu però rimandata perché, in corrispondenza del mercato perduto a causa della concorrenza delle piriti, lo zolfo come tale trovò altri mercati: uno fu rappresentato dall'uso in agricoltura per combattere l'oidio della vite, una malattia dovuta ad un fungo, importata dall'America in Europa intorno al 1845 e diffusa dal 1850 in tutte le zone viticole europee; il secondo nuovo mercato fu rappresentato dall'uso nella vulcanizzazione della gomma.

(19) J. Von Liebig, *Familiar letters on chemistry*, 1851, p. 139.

(20) J. Von Romocki, *Geschichte der Explosivstoffe*, 2 volumi, Berlin, 1899

(21) M. Faraday. *Journal of Science and Arts*, 21, 19 (1826).

(22) L. G. Thompson, *Sidney Gilchrist Thomas*, London, 1940.

(23) J. F. Chance, *A history of the firm of Chance Brothers and Company, glass and alkali manufactures*, London, 1914

(24) M. Goran, *The story of Fritz Haber*, Norman, University of Oklahoma Press, 1967.

(25) L. F. Haber, *Fritz Haber and the nitrogen problem*, *Endeavour*, 2 (102), 150-153 (Settembre 1968).