Giga-usines et Densité Énergétique

L'avenir high-tech de la construction automobile

Elementum Metals: 12/04/2021

12/04/2021

La réduction des gaz à effet de serre émis par les véhicules à moteur à combustion interne doit passer par la construction d'un très grand nombre de véhicules électriques, ce qui nécessite la construction de "giga-usines". Les batteries lithium-ion sont aujourd'hui le stockage à haute densité d'énergie préféré, et la recherche de technologies avancées et alternatives progressent rapidement. L'augmentation massive de la demande de matières premières pour les batteries et les conséquences de la pollution qui en découle rendent le recyclage efficace essentiel.

L'Importance des Giga-usines

Le terme "giga-usine" a été inventé par Elon Musk, qui s'est inspiré du mot grec signifiant "géant" pour illustrer l'ampleur des installations de fabrication de véhicules électriques (VE) nécessaires ; Musk s'est également inspiré du terme électrique gigawatt, qui désigne une énorme quantité d'énergie transférée.

Wood MacKenzie estime que pour réduire de moitié les émissions dues au transport routier d'ici 2040, quelque 900 millions de nouveaux VE sont nécessaires pour remplacer les automobiles à moteur à combustion interne. En 2019, le nombre de VE dans le monde s'élevait à seulement 10 millions, nécessitant la construction d'environ 70 millions de nouveaux véhicules chaque année. Pour illustrer l'ampleur de ce défi, l'industrie automobile centenaire produit aujourd'hui entre 90 et 100 millions d'automobiles conventionnelles par an, tandis que l'Europe compte à elle seule près de 300 usines de production et d'assemblage. Les installations de batteries seraient également mises au défi par la nécessité de décupler la production de batteries pour atteindre 3 000 GWh par an d'ici 2030 ; la fabrication de batteries existante et prévue ne représente que 1 800 GWh.[1]

En 2020, il y avait 119 installations produisant des batteries mondialement, en construction

En 2020, il y avait 115 installations produisant des batteries mondialement, en construction ou en projet, dont 109 étaient situées en Chine, représentant 70 % de la production mondiale.[2]

Les fabricants asiatiques, meneurs du marché, tels que CATL, LG Chem, BYD et SK Innovation, contrôlent la majeure partie de la capacité de production. Ces entreprises se développent actuellement en Europe, avec la construction par CATL d'une usine à Erfurt, la région allemande de Thuringe, l'usine de LG Chem à Wroclaw, en Pologne, et l'usine de Samsung SDI à Goed, près de Budapest, en Hongrie.

D'ici 2030, au moins 16 usines de batteries devraient être actives en Europe, représentant une capacité d'environ 450 GWh, ce qui ferait de la région la deuxième plus importante après la Chine. Cela s'explique en grande partie par l'augmentation de la production de fabricants locaux tels que Northvolt, Daimler et Automotive Cells Company (ACC), la coentreprise entre les groupes français PSA et Total.[3] Northvolt est l'un des pionniers européens, qui bénéficie du soutien stratégique de l'alliance européenne pour les batteries et du financement de la Banque européenne d'investissement (BEI). La giga-usine de Northvolt à Skelleftea devrait avoir une production de 40 GWh à son achèvement en 2021, tandis qu'une autre usine prévue à Salzgitter en Allemagne en partenariat avec Volkswagen devrait être achevée en 2024.[4]

Les giga-usines opérationnelles de Tesla aux États-Unis sont situées à Fremont, en Californie, qui produit environ 500 000 véhicules par an, et à Reno, au Nevada, qui, une fois achevée, devrait être le plus grand bâtiment du monde. En dehors des États-Unis, Tesla produit des modèles 3 dans sa giga-usine de Shanghai, ayant une capacité de 250 000 véhicules par an, où la production du modèle Y commence également. Une usine à Berlin devrait démarrer la production mi-2021, produisant à la fois le modèle 3 et le modèle Y. D'autres usines sont prévues au Royaume-Uni et au Japon ou en Corée du Sud.

Densité Énergétique - Le Saint Graal

La densité énergétique est la mesure de la quantité d'énergie qu'une batterie peut fournir par rapport à son poids, généralement mesurée en wattheures par kilo (Wh/kg). La densité énergétique est un attribut essentiel des batteries portables utilisées dans les appareils électroniques personnels et les véhicules électriques, vu que ces applications sont soumises à une pression constante pour réduire le poids et le coût, tout en augmentant la durée de vie de la batterie.

Ce terme ne doit pas être confondu avec la densité de puissance, qui mesure la vitesse à laquelle l'énergie peut être délivrée. Un exemple d'unité à haute densité de puissance est une batterie alimentant un flash d'appareil photo, qui décharge l'énergie en un court instant puis se recharge rapidement.

La densité d'énergie des batteries plomb-acide utilisées dans les véhicules à moteur à combustion interne se situe entre 30 et 50 Wh/kg, tandis que les batteries lithium-ion (Li-ion) vont de 50 à 260 Wh/kg ; la technologie nickel-manganèse-oxyde de cobalt (NMC) fournit une gamme de 150 à 220 Wh/kg, tandis que le phosphate de fer lithium (LFP) stipule de 90 à 160 Wh/kg.[5]

Comme l'explique le NTree Technical Paper #10, Electric Vehicles Go Mainstream, historiquement, une forte teneur en cobalt était utilisée pour obtenir une densité énergétique plus élevée. Cependant, avec l'augmentation des prix du cobalt et les préoccupations concernant les pratiques d'extraction du cobalt, les nouvelles technologies sont de plus en plus concentrées sur le potentiel du nickel qui est maintenant reconnu

comme le composant clé.[6] Dans les premières technologies telles que la NMC 111, la cathode contient des quantités égales de chaque minéral, l'utilisation du nickel a augmenté dans les NMC 532 et 622, tandis que la plus récente NMC 811 à haute performance utilise huit parties de nickel pour chacun des autres éléments.

Les Batteries Li-ion Évoluent

Les premiers VE, comme la Nissan Leaf, étaient alimentés par des batteries à l'oxyde de manganèse et de lithium (OML), relativement peu coûteuses mais dont la durabilité s'est avérée faible. Le phosphate de fer lithié (LPF) est actuellement couramment utilisé dans les VE fabriqués en Chine, notamment par BYD, le plus grand producteur de batteries au monde, où il est apprécié pour ses attributs de coût moyen et de densité énergétique. Les technologies MNC et NCA, deux technologies à forte teneur en nickel et à faible teneur en cobalt qui offrent une densité énergétique élevée à un coût plus élevé, sont largement utilisées sur les marchés occidentaux axés sur la performance par des fabricants tels que Tesla, Renault et VW, où des autonomies plus importantes sont essentielles pour rendre les VE attrayants pour les consommateurs. D'ici 2030, on estime que la technologie à haute teneur en nickel sera utilisée dans presque tous les VE des pays occidentaux et dans environ 50 % de ceux de la Chine.[7]

Solutions de Nouvelle Génération

La pression exercée pour réduire les coûts, diminuer les temps de charge, augmenter les autonomies et réduire les émissions de gaz à effet de serre alimente des recherches approfondies qui manipulent le fonctionnement des batteries Li-ion en substituant des matériaux et en utilisant des structures alternatives.

Il existe toute une série de développements visant à améliorer l'efficacité des différents composants de la batterie - cathode, anode, séparateur et électrolyte - qui, cumulés, apporteront des améliorations significatives à la technologie des batteries Li-ion au cours des 5 à 10 prochaines années.

Dans le cadre de l'un de ces développements, Volkswagen s'est associé à QuantumScape, un spécialiste américain des batteries qui développe des batteries à l'état solide promettant une plus grande densité énergétique que les électrolytes Li-ion existants. Les électrolytes solides remplacent les électrolytes liquides par lesquels les ions de lithium se déplacent entre la cathode et l'anode, en utilisant un matériau céramique hautement conducteur. Les électrolytes solides ont l'avantage d'être chimiquement stables, ce qui permet d'utiliser des matériaux ayant une capacité de tension plus élevée pour produire des batteries plus légères et plus denses avec des rapports énergie/poids plus élevés.[8]

La société américaine Evonix a conçu une anode à base de silicium pour remplacer le graphite dans les anodes des batteries Li-ion, promettant une augmentation de 30 % de la capacité énergétique.[9] Parmi les progrès réalisés dans la technologie des cathodes, citons les recherches menées par la société énergétique Total pour développer une technologie de cathode à base de soufre de lithium (Li-S) qui exploite les caractéristiques chimiques du soufre. Étant donné que le soufre se transforme en différents composés chimiques pendant le transfert d'ions et qu'il fournit une densité d'énergie jusqu'à quatre fois supérieure à celle du Li-ion, il s'agit d'une innovation initialement adaptée aux industries aéronautique et aérospatiale.[10]

Le Stockage à Grande Échelle est Désormais

Viable

Le stockage électrique à grande échelle basé sur des batteries qui appliquent également la technologie Li-ion devrait connaître une croissance rapide, passant de 1,2 gigawatt en 2020 à 7,5 gigawatts en 2030. La plus grande installation à Moss Landing a doublé la capacité de stockage d'énergie de la Californie, tandis que le projet Ravenswood de 316 mégawatts à New York est assez grand pour remplacer deux centrales électriques de gaz, et permet d'alimenter 250 000 foyers pendant 8 heures. En Floride, le projet Manatee de 409 mégawatts stockera de l'énergie solaire capable de fournir 900 mégawatts-heure d'électricité à faible teneur en carbone, capable d'alimenter Disney World pendant 7 heures.[11]

Des alternatives à la technologie Li-ion qui atténuent le coût élevé des composants et les risques pour la sécurité sont en cours de développement. Des technologies telles que les batteries Redox Flow, qui utilisent des électrolytes choisis pour leur abondance (par exemple le sel, le fer et l'eau), offrent les avantages de matériaux peu coûteux, non corrosifs et non toxiques, ainsi que des attributs de longue durée de vie et de haute rechargeabilité.[12]

Le Recyclage, Difficile mais Nécessaire

Si l'estimation de l'Agence internationale de l'énergie d'un parc mondial de 125 millions de VE d'ici 2030 est exacte, la demande de nickel et de manganèse pourrait augmenter de 800 % et celle de cobalt de 150 %.[13] De telles augmentations devraient conduire à une demande constamment plus élevée que l'offre minière prévue ; les augmentations significatives de l'offre minière sont difficiles à réaliser car les mines de nickel nécessitent de copieux investissements et il faut près d'une décennie pour passer de la découverte à la production à plein régime.

Si les implications environnementales du recyclage à grande échelle ne sont pas encore bien établies, on sait que les activités d'extraction et de raffinage représentent 30 % des gaz à effet de serre associés à la fabrication des piles. Northvolt, le premier fabricant européen de batteries, vise un objectif de 50 % de matières premières recyclées d'ici 2030, ce qui illustre l'importance de l'UE en ce qui concerne la durabilité et les considérations telles que la sécurité de l'approvisionnement. Également, un financement important de l'UE ainsi qu'une réglementation étendue en matière de batteries devraient contribuer à un recyclage commercialement viable.[14]

Les piles n'étant pas conçues pour être facilement recyclées ou construites selon un modèle commun, le recyclage est une opération complexe. Le processus de recyclage initial, qui implique un démontage manuel, prend du temps et est dangereux car l'instabilité chimique crée un risque d'incendie et d'explosion. La méthode de recyclage la plus courante nécessite une fusion pour éliminer toutes les matières organiques et plastiques, un processus simple mais polluant et inefficace car une grande partie de l'aluminium et du lithium est perdue. Le processus hydrométallurgique alternatif est de plus en plus utilisé ; les piles sont d'abord broyées, les matériaux sont séparés par tamisage et des aimants sont utilisés pour produire une "masse noire" qui est immergée dans un bain d'acide pour extraire le nickel, le manganèse, le cobalt, l'hydroxyde de lithium et le graphite en vue de leur réutilisation.[15]

La réglementation européenne prévue pour les piles est la plus complète de tous les pays. Elle vise à atteindre les objectifs en matière de gaz à effet de serre et de développement

durable tout en établissant une industrie compétitive au niveau mondial. Cette réglementation complexe et de grande envergure prévoit notamment que tous les VE devront faire l'objet d'une déclaration d'empreinte carbone d'ici 2024, que les quantités de cobalt, de plomb, de lithium et de nickel utilisées devront être divulguées d'ici 2027, que des quantités minimes de matériaux recyclés seront introduites en 2030 et que les normes de recyclage seront renforcées en 2035. Toutes ces exigences seront appliquées et suivies grâce à un système de passeports numériques officiels pour les batteries.[16]

Conclusion

Le rythme effréné du développement de nouvelles infrastructures industrielles et d'avancées technologiques reflète les défis associés au remplacement rapide et durable du parc mondial d'automobiles à moteur à combustion interne. Les améliorations technologiques permettent de réduire le coût de l'énergie des batteries et d'améliorer l'efficacité des applications grand public, tout en réduisant l'utilisation des matériaux les plus sensibles. Toutefois, les batteries des VE devraient devenir de plus en plus rares, coûteuses et donc aptes au recyclage.

Notes de bas de page

1. Wood MacKenzie, April 2020. https://www.woodmac.com/news/opinion/batteries-powering-the-fight-against-climate-change/
2. Wood MacKenzie, August 2020. https://www.woodmac.com/press-releases/global-lithium-ion-cell-manufacturing-capacity-to-quadruple-to-1.3-twh-by-2030/
3. Climate Home News, July 2020. https://www.climatechangenews.com/2020/07/27/european-battery-gigafactories-boom-despite-covid-slowdown/
4. Benchmark Mineral Intelligence, April 2020. https://www.benchmarkminerals.com/membership/coronavirus-supply-chain-shift-was-already-underway-in-battery-industry-2/
5. TXF News, September 2020. https://www.txfnews.com/News/Article/7055/EV-gigafactories-Europe-moves-up-a-gear
6. Fluxpower, August 2020. https://www.fluxpower.com/blog/what-is-the-energy-density-of-a-lithium-ion-battery#:~:text=What%20is%20Battery%20Energy%20Density,one%20watt%20for%20on
7. NTree Technical Paper #10, Electric Vehicles Go Mainstream, February 2021. https://dl.airtable.com/.attachments/d45e3250c8b256316438df968cc1dcab/bcbb7de3/NTre
8. McKinsey, June 2018. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/metals%20and%20mining/our%2(and-cobalt-a-tale-of-two-commodities.ashx
9. Volkswagen, June 2020. https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-increases-stake-in-quantumscape-6136
10. Argus, January 2021. https://www.argusmedia.com/en/news/2182042-battery-makers-expand-silicon-anode-production
11. SAFT. https://www.saftbatteries.com/media-resources/our-stories/three-battery-technologies-could-power-future/11. BBC, December 2020. https://www.bbc.com/future/article/20201217-renewable-power-the-worlds-largest-battery
12. Energy Storage World Forum. https://energystorageforum.com/blog/which-emerging-

12. Energy Storage World Forum. https://energystorageforum.com/blog/which-emerging-battery-technology-will-be-the-future-of-stationary-energy-storage
13. Fortum. https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-solution
14. Wired, November 2020. https://www.wired.co.uk/article/electric-car-battery-recycling
15. Wired, November 2020. https://www.wired.com/story/the-race-to-crack-battery-recycling-before-its-too-late/
16. European Commission, December 2020. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_20_2311