L'aluminium reste le principal composant des roues modernes en alliage léger. Du fait de leur faible résistance, des composants d'alliage tels que le silicium, le magnésium et d'autres sont ajoutés à la masse fondue. Photos : Ronal

Innovations dans la production et les matériaux

Faible masse non suspendue

Les roues en alliage léger ont depuis longtemps supplanté les modèles en acier. Bien que ces derniers soient excellents en matière de robustesse et de prix, les clients achètent majoritairement des roues en alliage léger. Leurs atouts ? Leur masse plutôt faible et leur design individuel. Vue d'ensemble des tendances en matière de roues et des défis techniques. **Andreas Senger**

Les roues en alliage léger font partie de l'équipement standard. Des roues en aluminium sont souvent montées à l'usine aussi bien sur de petites voitures à bas prix que sur des SUV à batterie. L'éventail de véhicules garantit ainsi une large diversité de l'offre de roues. Alors que la plupart des roues bon marché sont moulées, la roue forgée est la première option pour les voitures de sport haut de gamme.

La roue doit essentiellement transférer les forces statiques et dynamiques de la route et donc du pneu au moyeu et vice versa. En cas d'accélération, de freinage ou de virage sportif, surtout avec un véhicule lourd, des forces énormes s'exercent sur le croisillon de la roue et la jante, qui doivent être capables de les absorber. Qu'un véhicule pèse 1200 kg ou 2,5 tonnes à vide (ce qui est plus la règle que l'exception sur les immenses SUV à batterie), il s'agit là d'un défi.

D'un point de vue esthétique, il est compréhensible que les clients veuillent monter des roues aussi grandes que possible dans les énormes logements prévus à cet effet. Mais les roues de 23 pouces et plus deviennent si lourdes que la masse en rotation exige beaucoup plus d'énergie lors des accélérations et que le confort de suspension en pâtit. Afin d'accélérer la masse rotative des roues, la transmission doit fournir de l'énergie supplémentaire pour vaincre l'inertie du véhicule. La consommation de carburant électrique ou fossile et les émissions de CO_2 augmentent alors de manière linéaire. Dans le segment premium, pour des raisons de confort, l'importante masse non suspendue des roues est compensée par des suspensions pneumatiques dotées de systèmes multichambres et des amortisseurs de vibrations adaptatifs. La haute technologie permet de réaliser le grand écart entre conduite confortable et dimensionnement sportif dans les virages. Avec des suspensions conventionnelles, il faut cependant accepter des baisses significatives de confort. En cas d'irrégularités grossières de la chaussée, l'amortisseur ne peut convertir de manière optimale en chaleur l'énergie cinétique de la masse non suspendue par frottement dans l'huile. Il faut s'attendre à un bourdonnement acoustique et à des chocs jusque dans la colonne vertébrale des occupants.

Plus un véhicule est lourd, plus la roue est lourde pour des raisons de robustesse. Alors qu'une roue moulée de 19 pouces pèse environ 13 kg, le poids d'une roue de 23 pouces atteint déjà 23 kg, voire les dépasse. La largeur de la jante est bien sûr un paramètre important : plus la mâchoire est large, plus la roue est lourde. Enfin, les véhicules lourds requièrent quant à eux des pneus caractérisés par un indice de charge élevé. La structure de la carcasse et de la ceinture est plus robuste, si bien que le poids augmente.

Un technicien soulève jusqu'à 50 kg lorsqu'il change une roue complète de 23 pouces à l'atelier. Comme cette masse n'est plus conforme aux consignes de sécurité de la Suva, un engin de levage de roues est indispensable pour protéger les travailleurs. Ces énormes roues ne peuvent en effet pas être soulevées près du corps, ce qui représente une charge énorme pour ce dernier.

Deux stratégies d'innovation sont poursuivies pour alléger les roues : l'allègement des matériaux et le développement des procédés de fabrication. En ce qui concerne le matériau, la plupart des fabricants de roues misent sur des alliages d'aluminium contenant environ 10 % de silicium pour augmenter la robustesse. D'autres composants tels que le cuivre ou le magnésium peuvent être ajoutés selon le segment commercial. La technologie des nouveaux alliages permet de surcroît des réductions de masse marginales. Il ne faut cependant plus s'attendre à d'importantes améliorations sur les alliages d'aluminium.

Les plastiques renforcés de fibres de carbone (PRFC) sont prometteurs. Les roues sont fabriquées en superposant des tapis de fibres de carbone et en les imprégnant de résine. Le PRFC présente toutefois un inconvénient majeur : l'évacuation de la chaleur du système de freinage par la roue n'est pas assurée. Les freins de roue, en particulier, dégagent également la chaleur par les roues et les utilisent comme un multiplicateur de surface pour transférer l'énergie thermique à l'air ambiant. Comme le PRFC est un isolant thermique, le dégagement de chaleur est entravé. Le PRFC n'est pas non plus très adapté à la fabrication des roues en raison de sa fragilité. Le risque de cassure ou de fissure en cas de choc avec une bordure de trottoir est élevé. En outre, la production est coûteuse et complexe. Des roues en magnésium sont également utilisées sur les voitures d'hypersport ou de compétition. Avec une densité de 1,78 kg / dm³, ce matériau est encore plus léger que l'aluminium (2,74 kg / dm³). Le magnésium pur est néanmoins facilement inflammable. En cas de contact avec le trottoir, le rebord de la jante peut s'enflammer comme une allumette de Bengale à cause des frottements. La production s'avère ainsi également plus complexe, car l'oxygène ne doit pas entrer en contact avec la roue lors de l'usinage ou du perçage. Il faut donc travailler dans une atmosphère gazeuse protectrice.

Les modes de fabrication de roues en aluminium sont très divers. Les roues premium en aluminium sont fabriquées par forgeage. Pour ce faire, un boulon en alliage d'aluminium chauffé est mis en forme en plusieurs étapes de pressage. Les presses de forgeage exercent une pression pouvant atteindre 10 000 tonnes sur le matériau. Celui-ci se densifie alors énormément et affiche une grande robustesse, les parois restant très minces. Entre les différentes opérations de forgeage, la pièce brute doit être chauffée sans cesse pour faciliter sa mise en forme.

Le Flow Forming permet également de réduire le poids et d'augmenter la robustesse. Dans ce procédé, l'ébauche brute de roue moulée de manière conventionnelle est tendue sur une matrice et chauffée. Au moyen de rouleaux qui exercent une pression sur elle à l'aide d'un système hydraulique, le matériau de la base de la jante est étiré de la même manière qu'une poterie ou une pâte à pain. La force de pression d'environ 10 tonnes permet d'étirer et de densifier le matériau de la base

Suite à la page 12

1 Afin de minimiser la masse des roues haut de gamme, le Flow Forming est utilisé. La pièce brute chauffée est tendue et pressée comme une pâte à l'aide d'un rouleau appliqué hydrauliquement. La base de la jante est étirée en même temps que le matériau est densifié. Ce procédé permet d'obtenir des épaisseurs de base de jante d'environ 2,3 mm, comme sur des roues forgées (contre environ 5 mm sur des roues moulées). **2** Sur le marché de masse, les roues en alliage d'aluminium léger sont fabriquées par moulage à basse pression. Les pièces brutes sont ensuite usinées et peintes. **3** Afin de garantir la sécurité au départ de l'usine, les roues sont soumises à une radiographie automatisée chez les fournisseurs premium afin de détecter les inclusions. Les fabricants ne testent pas toujours les roues bon marché et ils ont recours à des alliages moins chers.

de la jante. Ce procédé permet de diviser par deux l'épaisseur de la paroi et d'augmenter énormément la robustesse grâce à la densification de l'alliage d'aluminium. Avec ce mode de production, il est notamment possible de réduire la masse en rotation et donc l'inertie face à l'accélération et à la décélération.

Le moulage à basse pression, dans lequel l'alliage d'aluminium liquide, chauffé à plus de 700 °C, est injecté dans le moule avec une surpression de 1,2 bar, constitue la solution la plus économique. Cependant, comme le matériau n'est pas densifié, la paroi doit être environ deux fois plus épaisse pour garantir la robustesse. Le fraisage à partir d'un bloc d'aluminium représente la quatrième variante, surtout utilisée pour les roues au design exotique. Pour tous les modes de production décrits, la roue doit subir un traitement thermique. L'alliage d'aluminium doit présenter une robustesse élevée tout en restant élastique et solide. Ce processus dure environ 14 heures selon le fabricant.

Le marché des roues en alliage léger est pléthorique. Tant les grandes marques que les spécialistes du tuning proposent des roues aux designs et aux couleurs variés, de la moins chère à la plus luxueuse, ainsi que des finitions de surface. Chez Ronal, fabricant suisse de roues basé à Härkingen, le développement et la fabrication d'outils pour les moules ont lieu en Suisse. Les roues sont toutefois produites à l'étranger (chez Ronal en Allemagne). De nombreux spécialistes du tuning s'appuient sur le savoir-faire des fabricants de roues pour proposer leurs propres designs. Le développement, la construction de prototypes, la fabrication d'outils et la production sont réalisés sur commande par de grands sous-traitants. Il importe que les produits soient également contrôlés systématiquement.

Alors que les fournisseurs à bas prix se soucient moins de l'ingénierie et d'atteindre l'optimum en matière de résistance et de masse de la roue, les marques renommées y prêtent une énorme attention. En plus d'une fiabilité maximale, la masse non suspendue doit être aussi faible que possible pour que le client profite d'un plaisir de conduire maximal tout en réduisant sa consommation.Les fournisseurs à bas prix s'épargnent aussi parfois l'assurance qualité. Cela signifie que pour les roues moulées, ils ne détectent pas forcément les problèmes de robustesse structurelle dus aux inclusions d'air lors du moulage, et livrent les roues en l'état. Sur Internet en particulier, des plateformes commerciales asiatiques proposent des roues extrêmement bon marché, qui ont belle allure sur les photos. Ces produits sont cependant nettement plus lourds que les roues de marque et la sécurité n'est pas garantie. Aucun automobiliste qui a la tête sur les épaules ne veut que sa roue se rompe lors de virages serrés.

Analyse de la robustesse lors d'essais dynamiques (en haut) et statiques : les fabricants de roues réputés testent leurs produits en cours de développement pour vendre aux clients des roues irréprochables en matière de sécurité. Les fournisseurs low cost qui proposent leurs produits sur Internet à des prix très avantageux renoncent à l'assurance qualité pendant la production et aux procédés de développement coûteux. Afin de garantir la robustesse, ils moulent des parois plus épaisses, si bien que les roues sont nettement plus lourdes. Photos : Ronal

Il est donc indispensable que le garagiste propose à ses clients des roues dont le processus de production a été surveillé grâce à des mesures d'assurance qualité. Chez les fabricants de roues renommés, chaque roue est examinée par un collaborateur, puis par radiographie. Cette approche garantit un taux d'erreur de 0 %. Notons pour conclure que si le rebord de la jante ou le croisillon de la roue touche le trottoir, il est possible de masquer les dégâts en appliquant de la peinture ou en polissant les rayures. En revanche, les roues ne doivent en aucun cas être réparées si le rebord est fissuré ou si la jante présente une déformation latérale ou verticale. Bien que certains prestataires proposent ce type de réparation, il est fortement déconseillé d'y avoir recours. Pourquoi ? Les rebords de jante fissurés sont souvent réparés par des soudures d'aluminium. La soudure devrait alors subir un traitement thermique afin d'éliminer les tensions dans la structure. Or, cette opération passe généralement à la trappe. Il suffit d'un choc pour fissurer la jante. <