

Why inflate tyres with Nitrogen instead of Oxygen?

Introduction

Usually we fill our car and (motor) cycle tyres with Air. Nowadays there are several discussions in magazines and internet on whether it would be better to fill tyres with 100% Nitrogen instead of Air. Realize that ambient Air consists of 20% Oxygen, 79% Nitrogen and 1% of other species. If Nitrogen would permeate slower than Oxygen through the diffusion resistance layer of the tyre, it could give a difference in loss of pressure. However, the difference in physical permeation rate between Nitrogen and Oxygen must be significant to give a noticeable effect. This is because the difference in Oxygen content of the two mixtures is only 20%!

The diffusion resistance layer of modern tyres are made from Polyisobutylene (also called Butyl rubber) containing a few percent of Isoprene. Although Nitrogen has a lower molecular weight than Oxygen, the Van der Waals diameter of Nitrogen is larger. Worded differently; Nitrogen has the ability to keep their chemical neighbours on a larger distance. Hence the diffusion rate of Nitrogen in Polyisobutylene is lower.

Furthermore, the solubility of Nitrogen in Polyisobutylene is lower. This is again remarkable: solubility of gases usually increases as a function of their size, their Van der Waals diameter. However, solubility also depends on the chemical compatibility of the species which are mixed. Nitrogen has significantly less chemical compatibility with Polyisobutylene than Oxygen, and therefore solubility is lower.

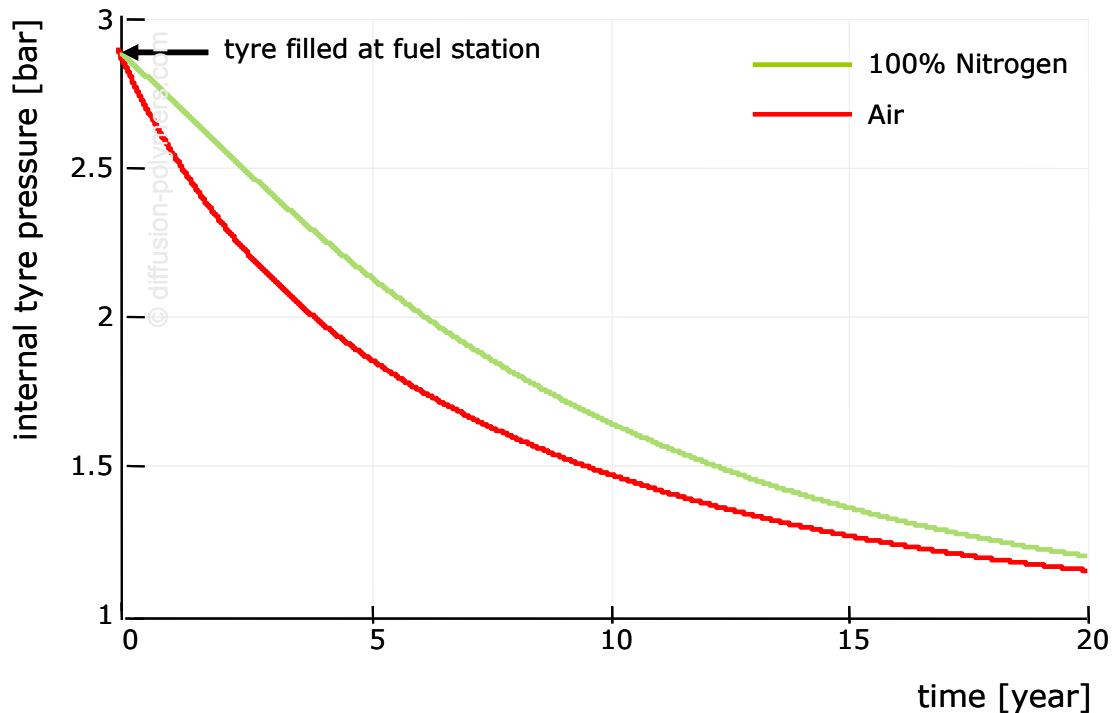
Below we will make a calculation for the pressure loss of a tyre filled with Air and 100% Nitrogen. Our physical assumptions are: the gases and their mixtures are ideal, the solubility is governed by Henry's law, the mass transfer can be calculated using Maxwell- Stefan theory, and the cycle is used in ambient conditions.

Our assumptions on the tyre are:

Thickness Polyisobutylene:	3 mm
Internal tyre volume:	16 litre
Internal diffusion area:	0.65 m ²
Initial tyre pressure:	2.9 bar

In the section below the loss of pressure is visualised in case the tyre is filled with Air and 100% Nitrogen.

Graphical Analysis



From the graph it becomes obvious that the internal pressure drop in the tyre goes slower if the tyre is filled with 100% Nitrogen. The difference during the first years is 40%. Tyres are usually refilled after 0 to 15% loss of pressure, so we may assume that during normal operation the advantage is a stationary 40%.

Find more information on the solubility of chemicals in polymer in the section "solubility parameters table" and "solubility cases". More physical data on diffusion rates can be found in the "gas diffusion table" of the website.

Dutch Newspaper "De Telegraaf"

The Nitrogen subject was raised in the midst of 2006 on the American "All Things Motorcycle" discussion forum. Evidently, the issue arrived around 6 months later in The Netherlands. Via the Delft University of Technology, the agency was approached by reporter Dick Husaarts of "De Telegraaf" to give a scientific based opinion on the subject. This resulted in the calculations described above and the article (see next page) in "De Telegraaf" on Saturday the 6th of January 2007.

Buitenlucht loopt langzaam autoband in

door DICK HUSSARTS

ROTTERDAM – Het lijkt welhaast een sprookje, maar toch is het waar. Tenninste, als u de banden vult met stikstof. Dan zal langzaam aan zuurstof uit de buitenlucht de band inlopen. Maar dat betekent niet dat de banden spanning oploopt; het proces gaat erg langzaam, terwijl er aan de andere kant ook stikstof uit de band verdwijnt.

Dat zegt ir. drs. Sijmon van der Wal. Zijn bedrijf, independent composite agency, is een onafhankelijk adviesbureau voor vooral de grote ondernemingen over de hele wereld, met name op het gebied van door-dringbaarheid van kunststoffen.

“Wat ik doe is bedrijven adviseren bij het maken van materiaalkozen. Dat kunnen chemische fabrieken zijn, die willen weten in hoeverre agressieve stoffen kunststof aantasten in het fabricageproces. Maar het kan ook een elektronicaconcern zijn, dat wil weten wat het effect is van bijvoorbeeld temperatuur en vloeistoffen op in kunststof verpakte elektronica of door een pijpleiding lekken. En ook houd ik me bezig met het kijken naar kunststof als wapening in beton, als alternatief voor ijzer. Het gaat dus om het selecteren van de

Stikstof als vulling levert winst op

juiste materialen voor de juiste toepassingen.”

Van der Wal heeft ook onderzoek in hoeverre het waar is, dat een autoband die gevuld is met stikstof langer op spanning blijft dan wanneer deze op spanning is gebracht met lucht. Al jaren wordt dit beweerd, maar een wetenschappelijke onderbouwing bleef tot nu toe uit.

Er zijn twee redeneringen in omculen groter zijn dan die van zuurstof en de band daarom langzamer leeg-

loopt. De tweede is dat de moleculaire structuur zodanig anders is dan die van zuurstof dat de moleculen slechter oplossen in het bandenrubber.

“Het grappige is dat beide redeneringen waar zijn. Weliswaar is de molecuulmassa van zuurstof groter dan die van stikstof, wat normaal gesproken zou betekenen dat ze groter zijn. Maar stikstofmoleculen hebben een speciale ordening in de elektronen, waardoor ze chemisch gezien groter zijn dan zuurstofmoleculen. Ze houden als het ware de naburige moleculen beter van zich af” legt Van der Wal uit. “Ook is het zo dat als moleculen meer op elkaar lijken, de oplosbaarheid groter is. En zuurstofmoleculen lijken meer op die van kunststofrubber dan stikstofmoleculen.”

Die combinatie zorgt ervoor dat een band met stikstof gevuld langzamer leegloopt dan een band die gevuld is met gewone lucht.

En hoe zit het dan met het naar binnen stromen van lucht? “Dat is eigenlijk gemakkelijk verklaarbaar. De spanning in de band heeft daar ook niets mee te maken. Het is gewoon zo dat in de band het percenta-

ge zuurstofmoleculen nul is, terwijl ze in de buitenlucht wel aanwezig zijn. En die moleculen zoeken naar een evenwicht en dringen daardoor door de band naar binnen. Theoretisch gezien, als het zuurstofgehalte in de lucht erg groot zou zijn, zou het zelfs kunnen betekenen dat de spanning op zou lopen, maar dat is hier in ieder geval niet aan de orde. Het verlies van stikstof uit een band is groter, maar per saldo kun je stellen dat een hiermee gevulde band derfzig tot vijftig procent minder snel leegloopt dan een normaal gevulde band. En dat is pure winst als je kijkt naar verkeersveiligheid én het milieu. Een auto met banden die goed op spanning zijn rijdt procenten zuiniger,” stelt Sijmon van der Wal. Hij tekent daarbij aan dat, hoe hoger de spanning in de band, hoe groter het voordeel is. De banden van motoren hebben vaak een druk van 2,7 tot 2,9 bar, autobanden hebben meestal een spanning van 2,1 bar.